

ANA CAROLINA ZENELATO CHAVES

VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL EM ARAÇATUBA, SP

CURITIBA

2015

ANA CAROLINA ZENELATO CHAVES

VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL EM ARAÇATUBA, SP

Trabalho apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Economia e Meio Ambiente no curso de Pós-graduação em Economia e Meio Ambiente do Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Romano Timofeiczky Junior

CURITIBA

2015

Aos meus pais Von P. Chaves e Leonor Zenelato Chaves e ao meu noivo Adriano  
Martos da Silva, que foram grandes incentivadores dos meus estudos,  
Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que me permitiu alcançar mais uma realização em minha vida.

Ao Curso Pós-graduação em Economia e Meio Ambiente do Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, na pessoa de seu coordenador Prof. Dr. Anadalvo Juazeiro dos Santos, pelo apoio recebido.

À Equipe de Tutoria de Educação a Distância do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, pelas orientações e atenção.

Aos colegas de turma e professores que, direta ou indiretamente, contribuíram para a ampliação do meu aprendizado durante o curso de pós-graduação, que tornou possível a conclusão deste trabalho.

Aos meus colegas de trabalho, o Desenhista Pedro Emerson Lima e o Engenheiro Ambiental Renam Bazzo, pelas suas contribuições na elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, Von e Leonor, pelo infinito apoio e carinho em todos os momentos. Ao meu noivo, Adriano, pelo incentivo e paciência com meus estudos.

O agradecimento especial ao meu orientador Prof. Dr. Romano Timofeiczky Junior que esteve presente no processo de elaboração deste trabalho, e contribuiu com suas orientações.

“Nunca tive a ilusão de que esta astronave independente, rodando em torno do Sol, tivesse recursos infinitos”.

Antonio Delfim Neto (2010)

## **LISTA DE QUADRO**

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| QUADRO 1. CLASSIFICAÇÃO E DEFINIÇÃO DOS RCC.....                | 6  |
| QUADRO 2. LEGISLAÇÃO FEDERAL APLICADA AOS RESÍDUOS SÓLIDOS..... | 15 |
| QUADRO 3. NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS .....                     | 16 |
| QUADRO 4 CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÃO DOS AGREGADOS .....        | 25 |

## LISTA DE TABELA

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| TABELA 1. ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE RCC POR REGIÃO ADMINISTRATIVAS/SP ..... | 8  |
| TABELA 2. PREÇOS MÉDIOS DE COMERCIALIZAÇÃO DOS PRODUTOS .....              | 35 |
| TABELA 3. ÍNDICE NACIONAL DE PREÇOS AO CONSUMIDOR AMPLO (IPCA) ..          | 36 |
| TABELA 4. ESTIMATIVA DE COLETA MÉDIA DE RCC POR CLASSIFICAÇÃO ....         | 44 |
| TABELA 5. ESTIMATIVA DE CUSTOS DE AQUISIÇÃO DE EQUIPAMENTOS .....          | 46 |
| TABELA 6. ESTIMATIVA DE VALORES DE MÁQUINAS E VEÍCULOS .....               | 47 |
| TABELA 7. ESTIMATIVAS DE ÁREA E VALOR .....                                | 47 |
| TABELA 8. ESTIMATIVAS DE CUSTOS DE OBRAS CIVIS .....                       | 47 |
| TABELA 9. ESTIMATIVAS DE CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO .....             | 47 |
| TABELA 10. VIDA ÚTIL E TAXAS DE DEPRECIAÇÃO .....                          | 48 |
| TABELA 11. VALORES DE LOCAÇÃO .....                                        | 48 |
| TABELA 12. ESTIMATIVAS DE GERAÇÃO DOS PRODUTOS E SUBPRODUTO..              | 49 |
| TABELA 13. PREÇOS MÉDIOS DE COMERCIALIZAÇÃO DOS PRODUTOS .....             | 49 |
| TABELA 14. DADOS DO PROJETO INICIAL .....                                  | 50 |
| TABELA 15. DADOS DOS CENÁRIOS .....                                        | 51 |
| TABELA 16. RESULTADOS DAS ANÁLISES DE INVESTIMENTO.....                    | 52 |

## **LISTA DE FIGURA**

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1. FLUXOGRAMA DE DESTINO DOS RCC .....                | 13 |
| FIGURA 2. FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE RECICLAGEM DE RCC .....  | 23 |
| FIGURA 3. FLUXOGRAMA DO GERENCIAMENTO DOS RCC EM ARAÇATUBA . | 42 |
| FIGURA 4. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA PROPOSTA .....                 | 46 |



## SUMÁRIO

|                                                                               |          |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                                    | <b>1</b> |
| <b>2. OBJETIVO GERAL.....</b>                                                 | <b>3</b> |
| 2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                              | 3        |
| <b>3. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>                                            | <b>4</b> |
| 3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL.....                       | 4        |
| 3.2.RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL .....                                        | 6        |
| 3.2.1. Definição e Classificação dos Resíduos de Construção Civil.....        | 6        |
| 3.2.2. Geração de Resíduo da Construção Civil .....                           | 7        |
| 3.2.3. Coleta, Transporte e Transbordo .....                                  | 9        |
| 3.2.4. Destinação .....                                                       | 10       |
| 3.2.5. Disposição Final em Aterro .....                                       | 12       |
| 3.3. IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS .....                                     | 13       |
| 3.4. ASPECTOS LEGAIS .....                                                    | 14       |
| 3.4.1 Legislação Federal .....                                                | 14       |
| 3.4.2. Legislação do Estado de São Paulo.....                                 | 15       |
| 3.4.3. Legislação do Município de Araçatuba.....                              | 16       |
| 3.4.4. Normas Técnicas .....                                                  | 16       |
| 3.5 RECICLAGEM.....                                                           | 17       |
| 3.5.1 Vantagens da Reciclagem.....                                            | 17       |
| 3.5.2. Aspectos Regionais que Afetam Programas de Reciclagem .....            | 18       |
| 3.5.3. Plantas para Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil.....       | 19       |
| 3.5.4. Processamento para Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil..... | 20       |
| 3.5.5. Equipamentos para Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil.....  | 21       |
| 3.5.6. Etapas da Reciclagem de Resíduos da Construção Civil.....              | 22       |
| 3.5.7. Localização das Usinas.....                                            | 23       |
| 3.5.8. Agregados de Reciclagem: Características, Aplicação e Mercado .....    | 24       |
| 3.6. ANÁLISE DE VIABILIDADE .....                                             | 27       |
| 3.6.1. Valor Presente Líquido (VPL).....                                      | 27       |
| 3.6.2. Taxa Interna de Retorno (TIR) .....                                    | 28       |
| 3.6.3 Análise de Sensibilidade .....                                          | 28       |
| 3.6.4 Fluxo de Caixa Descontado .....                                         | 29       |
| 3.7. CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO.....                        | 30       |

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.7.1. Custo de Implantação.....                                    | 30        |
| 3.7.2. Custo de Operação e Manutenção.....                          | 31        |
| <b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                  | <b>33</b> |
| 4.1. O MUNICÍPIO DE ARAÇATUBA.....                                  | 33        |
| 4.2. METODOLOGIA DA PESQUISA .....                                  | 34        |
| 4.3. COLETA DE DADOS .....                                          | 34        |
| 4.3.1. Fonte de Dados Primários.....                                | 34        |
| 4.3.2. Fonte de Dados Secundários .....                             | 35        |
| 4.3. ANÁLISE DE INVESTIMENTO .....                                  | 37        |
| 4.3.1. Formação do Fluxo de Caixa .....                             | 37        |
| 4.3.2. Métodos de Análise de Investimentos.....                     | 38        |
| 4.3.3. Definição da Análise de Sensibilidade.....                   | 39        |
| <b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>                              | <b>41</b> |
| 5.1. LEVANTAMENTO DA GESTÃO DOS RCC EM ARAÇATUBA/SP.....            | 41        |
| 5.2. IDENTIFICAÇÃO DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS PROPOSTAS NO PMGIRS..... | 43        |
| 5.3. ESTIMATIVA DE GERAÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS RCC RECICLÁVEIS .....   | 44        |
| 5.4. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DA USINA DE RECICLAGEM.....                | 44        |
| 5.4.1 Local Recomendado de Instalação da Usina de Reciclagem.....   | 45        |
| 5.4.2 Levantamento dos Custos da Usina.....                         | 46        |
| 5.4.3 Geração do Produto 1 e Produto 2.....                         | 49        |
| 5.4.4 Preços do Produto 1 e Produto 2 .....                         | 49        |
| 5.5. VIABILIDADE DA USINA DE RECICLAGEM DE RCC .....                | 49        |
| 5.5.1. Análise de Sensibilidade .....                               | 51        |
| <b>6. CONCLUSÕES .....</b>                                          | <b>53</b> |
| 6.1 RECOMENDAÇÕES.....                                              | 54        |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                             | <b>55</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                                                 | <b>63</b> |
| ANEXOS 01 .....                                                     | 64        |

## RESUMO

A disposição irregular dos resíduos da construção civil (RCC) pode gerar problemas de ordem estética, ambiental, de saúde pública, sobrecarga dos serviços de limpeza pública municipal e grande desperdício econômico. Este trabalho foi realizado no município de Araçatuba, com o objetivo de avaliar a viabilidade econômica de implantação de uma Usina de Reciclagem de RCC no município. Foram realizadas pesquisas para identificar a forma de gerenciamento dos RCC no município e estimar a geração média diária de RCC da Classe A, recicláveis. Para Araçatuba, considerou-se a geração e coleta média de 280,00 toneladas por dia de resíduos Classe A. Também foram coletados dados de modo a estimar o preço médio dos agregados reciclados, cujos valores variaram de R\$ 30,00 a R\$ 42,00. O estudo de viabilidade foi realizado para uma usina com capacidade de 40 toneladas por hora, trabalhando com 87% de sua capacidade diária. Foi aplicada a metodologia sugerida por Jadovski (2005) para o levantamento dos custos de implantação do projeto. Os custos dos equipamentos, operacionais e de manutenção também foram estimados. Os valores foram corrigidos pelo IPCA de 2014 até agosto de 2015. A receita bruta anual obtida pela venda dos produtos acabados (Produto 1) e subproduto metal (Produto 2) foi de R\$ 2.454.312,00. A partir dos valores líquidos calculados, gerou-se o fluxo de caixa da Usina de Reciclagem e calculou-se o método de análise de investimento utilizando o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) para o período de 10 anos, não se considerou a inflação. Para definir a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), adotou-se a taxa real de 4,76%. O resultado foi VPL de R\$ 158.831,14 e TIR de 6,29%, demonstrando a viabilidade econômica do projeto. A análise de sensibilidade adotou dois cenários. O Cenário A, sem o investimento inicial em máquina e caminhão, mantendo-se o restante inalterado, apresentou-se inviável com VPL negativo de R\$ - 1.047.909,74. O Cenário B adotou o aumento dos preços dos produtos, mantendo-se o restante inalterado, e obteve VPL de R\$ R\$ 1.225.230,11 e TIR de 15,57%, portanto, economicamente viável.

Palavras Chave: Resíduos. Construção Civil. Viabilidade Econômica.

## **ABSTRACT**

The irregular disposal of construction waste (RCC) can lead to problems of aesthetic, environmental, public health burden of municipal cleaning services and great economic waste. This work was conducted in the city of Araçatuba, in order to assess the economic feasibility of implementing a RCC Recycling Plant in the city. Surveys were conducted to identify the form of management of RCC in the city and to estimate the average daily generation of RCC class A, recyclable. To Aracatuba, considered the generation and average collection of 280.00 tons per day of waste Class were also collected data in order to estimate the average price of recycled aggregates, whose values ranged from R\$ 30.00 to R\$ 42.00. The feasibility study was conducted for a plant with 40 tons per hour capacity, working with 87% of its daily capacity. The methodology suggested by Jadovski (2005) to survey the project implementation costs was applied. Equipment costs, operating and maintenance were also estimated. The amounts were adjusted by the IPCA 2014 until August 2015. The annual revenue from the sales of finished products (Product 1) and metal by-product (Product 2) was R\$ 2,454,312.00. From the calculated net value was generated the plant's cash recycling and calculated investment analysis method flow using the Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR) for the 10 period years, it was not considered inflation. To set the Attractiveness Minimum Rate (TMA), it adopted the real rate of 4.76%. The result was NPV of R\$ 158,831.14 and IRR of 6.29%, demonstrating the economic viability of the project. The sensitivity analysis adopted two scenarios. Scenario A, without the upfront investment in machine and truck, keeping the rest unchanged, appeared unfeasible with negative NPV of R\$ -1,047,909.74. Scenario B adopted the rise in prices of products, while remaining unchanged rest, and obtained NPV of R\$ 1,225,230.11 and IRR of 15.57%, therefore, economically viable.

Key Words: Waste. Construction. Economic viability.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é gerador de elevado volume de resíduos sólidos em toda sua cadeia produtiva. O desperdício na execução de empreendimentos sejam eles particulares, de interesse comercial ou público, provoca problemas quanto à correta disposição desses resíduos (MANFRINATO et.al., 2008).

Os Resíduos da Construção Civil (RCC) são os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis (BRASIL, 2010).

Em geral esses resíduos são de baixa periculosidade, e seu impacto se dá principalmente pela grande quantidade gerada. Podem representar de 50 a 70% da massa de resíduos sólidos urbanos, sendo na sua maior parte materiais semelhantes aos agregados naturais e solos. Contudo, nesses resíduos também há presença de material orgânico, produtos químicos, tóxicos e de embalagens diversas que podem acumular água e favorecer a proliferação de insetos e de outros vetores de doenças (BRASIL, 2012).

Assim, quando depositados em locais impróprios e não controlados pelo poder público, os rejeitos oferecem possibilidade de poluição ambiental, problemas de ordem estética e de saúde pública. Além disso, constitui um problema para as municipalidades pela sobrecarga dos sistemas de limpeza pública. (MANFRINATO et.al., 2008; BRASIL, 2012).

A legislação em vigor determina a responsabilidade do gerador pelo gerenciamento desses resíduos. Ao poder público municipal, cabe disciplinar a gestão dos RCC através de instrumentos específicos, tanto para os pequenos quanto para os grandes geradores (BRASIL, 2010).

O município de Araçatuba, SP, aprovou seu Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), em novembro de 2014. Conforme o diagnóstico desse Plano, Araçatuba gera em média 380,33 toneladas por dia (t/dia) de resíduos da construção civil, com produção per capita de 0,55 tonelada anual (ARAÇATUBA, 2014); valor este bem próximo ao estimado para algumas cidades brasileiras, de 0,50 tonelada anual por habitante (BRASIL, 2012).

Dos RCC gerados no município de Araçatuba, estimou-se que de 65% a 80% são constituídos de materiais de Classe A, ou seja, materiais classificados como nobres, que podem ser reciclados ou beneficiados e reaproveitados como agregados em obras de construção civil. No entanto, no município, os RCC são dispostos em locais inadequados e, além disso, não se evidenciou a existência de usina de triagem, reutilização e reciclagem desses resíduos (ARAÇATUBA, 2014).

Destarte, a disposição dos RCC representa um dos principais problemas de gerenciamento inadequado de resíduos do município (ARAÇATUBA, 2014). Configura-se assim um problema ambiental e social, com poucas alternativas práticas e carente de estudos. Assim, este trabalho justifica-se pela necessidade do município adotar medidas efetivas que resultem no correto gerenciamento dos RCC consoante com a legislação vigente e, por consequência, na minimização dos impactos ambientais e sociais.

Portanto, este estudo teve a finalidade de apresentar a análise da viabilidade econômica da implantação de uma Usina de Reciclagem de RCC no município Araçatuba, como uma possível alternativa para prevenir e minimizar os impactos causados com a disposição inadequada deste tipo de resíduo, além de tornar possível sua comercialização.

## 2. OBJETIVO GERAL

Viabilidade econômica da implantação de uma usina de reciclagem dos resíduos da construção civil (RCC) Classe A no município de Araçatuba, SP.

### 2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Levantamento da gestão dos resíduos da construção civil no município de Araçatuba/SP através do diagnóstico do Plano de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos do mesmo município.
- b. Identificar as medidas mitigadoras propostas no PMGIRS do município de Araçatuba/SP para a gestão dos RCC.
- c. Propor pré-dimensionamento da usina de reciclagem para implantação no município.
- d. Avaliar a viabilidade econômica do projeto proposto.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

A construção civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social do país. No entanto, esta atividade apresenta-se como grande geradora de impactos ambientais (PINTO, 2005 apud KARPINSKI et al., 2009).

Além do intenso consumo de recursos naturais, os grandes empreendimentos da construção causam a alteração da paisagem e, como todas as demais atividades da sociedade, geram resíduos (IPEA, 2012).

A disposição irregular dos RCC pode gerar problemas de ordem estética, ambiental e de saúde pública. Além disso, eles sobrecarregam os sistemas de limpeza pública municipal (BRASIL, 2005b apud IPEA, 2012). Ainda, sua gestão inadequada representa um grande desperdício econômico, visto que estes não só constituem a maior fração em massa dos resíduos gerados nas cidades, como em muitos casos são compostos em grande parte por material passível de reciclagem ou reaproveitamento (SÃO PAULO, 2012).

A questão se intensifica pela elevada quantidade e volume dos RCC gerados, pois podem representar de 50 a 70% da massa de resíduos sólidos urbanos (RSU) (KARPINSKI et al., 2009). Os RCC, em grande parte, são materiais similares aos agregados naturais e solos (BRASIL, 2005 apud BRASIL, 2012). Os grandes volumes de resíduos produzidos pela indústria da construção civil nas áreas urbanas dificultam gerenciamento dos mesmos, que acabam depositados de forma inadequada em locais de fácil acesso, como terrenos baldios (KARPINSKI et al., 2009).

Dados levantados por Schneider (2004) apud Karpinski et al. (2009) mostram que a geração dos RCC é um problema mundialmente reconhecido. Os Estados Unidos da América, por exemplo, geram cerca de 136 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD) por ano, destes 25% são reciclados. Nos Países Baixos, 90% do volume de resíduos gerado pela construção civil é reciclado.



De acordo com a estimativa do Instituto de Pesquisas Aplicadas (IPEA, 2012), por meio de dados de diferentes estudos, a geração de RCC no Brasil seria na ordem de 31 milhões de t/ano, e encontrava-se abaixo da de outros países, tais como Estados Unidos (136 – 171 milhões t/ano), Japão (99 milhões t/ano), Alemanha (79 – 300 milhões t/ano) e Itália (35 – 40 milhões t/ano).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estimativa que a geração média de RCC é de 0,50 t/hab./ano em algumas cidades brasileiras. No entanto, o PNRS ressaltou que serão necessários mais dados para representar a realidade brasileira, principalmente para municípios de pequeno porte (BRASIL, 2012).

Estudos recentes disponibilizados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE<sup>1</sup>, 2011; 2013) demonstram constantes aumentos na coleta de RCC pelos municípios. Em 2013, os municípios coletaram mais de 117,0 mil toneladas por dia de RCC, resultando em um índice de geração de 0,584 kg/hab./dia, o que implica no aumento de 4,6% comparado a 2012 (112.248 t/dia de RCC e índice de 0,579kg/hab./dia). Esta situação, já observada em anos anteriores, exige atenção especial quanto ao destino final desses resíduos, visto que a quantidade total dos mesmos é ainda maior, uma vez que os municípios, geralmente, coletam apenas os resíduos de obras sob sua responsabilidade e os lançados nos logradouros públicos.

Em termos de manejo dos RCC no Brasil, no ano de 2008, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) avaliou 5.564 municípios, destes, 72,44% possuíam serviço de manejo de resíduos de construção civil. No entanto, apenas 7,04% dos municípios considerados possuíam alguma forma de processamento dos RCC. A pesquisa apresentou os seguintes resultados<sup>2</sup>: 124 municípios adotavam a triagem simples dos RCC reaproveitáveis (classes A e B); 14 realizavam a triagem e trituração simples dos resíduos classe A; 20 realizavam a triagem e trituração dos resíduos classe A, com classificação granulométrica dos agregados reciclados; 79 faziam o reaproveitamento dos agregados produzidos na fabricação de componentes construtivos e 204 adotavam outras formas (IBGE, 2010 apud BRASIL, 2012).

---

<sup>1</sup> O levantamento da ABRELPE abrange a quantidade de RCC coletada pelos municípios em obras sob sua responsabilidade e lançados em logradouros públicos.

<sup>2</sup> O município pode apresentar mais de um tipo de processamento.

## 3.2.RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

### 3.2.1. Definição e Classificação dos Resíduos de Construção Civil

Os resíduos da construção civil são definidos na Resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) como os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e também os resultantes da preparação e da escavação de terrenos (BRASIL, 2002).

Esses resíduos fazem parte dos resíduos sólidos urbanos e possuem estado sólido ou semi-sólido. A Norma Brasileira (NBR) nº 10004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004) classifica os RCC de acordo com as características físicas, na classe II A – Não Inertes, que podem ter propriedades como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Antes denominados resíduos de construção e demolição, com base na Nomenclatura Internacional (*Construction and Demolition Waste*), os RCC compreendem diferentes resíduos livres de contaminação gerados nas atividades de construção, reformas, reparos e demolição de estradas e estruturas, e os resultantes da limpeza e escavação de solos (ZORDAN, 1997 apud CARDOSO, 2011).

Hoje, a denominação mais utilizada é a de resíduos da construção civil (RCC) por ser mais abrangente e definida nas legislações vigentes.

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) também apresenta a definição dos RCC que em nada difere da estabelecida na Resolução CONAMA supracitada, a saber: “resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis”.

A Resolução nº 307 do CONAMA (BRASIL, 2002) estabelece quatro classificações para os RCC conforme QUADRO1.

QUADRO 1. CLASSIFICAÇÃO E DEFINIÇÃO DOS RCC

| Classificação | Definição                                                | Resíduos                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Classe A      | São resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados | a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;<br>b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes |

|          |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Classe B | São os resíduos recicláveis para outras destinações                                                                                                 | cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;<br>c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;<br>Plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso; |
| Classe C | São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Classe D | São resíduos perigosos oriundos do processo de construção                                                                                           | Solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.                     |

FONTE: BRASIL (2002).

### 3.2.2. Geração de Resíduo da Construção Civil

A taxa de geração per capita de resíduos de construção e a participação percentual destes resíduos quanto à massa total de resíduos sólidos urbanos são variáveis nos diferentes municípios brasileiros, em função das características das construções e do grau de desenvolvimento econômico (SÃO PAULO, 2014).

Essa questão é demonstrada em estudos realizados por Pinto (1999) apud São Paulo (2014) nos municípios de Santo André, São José do Rio Preto, São José dos Campos, Ribeirão Preto, Jundiaí, Campinas, Vitória da Conquista (BA), Belo Horizonte (MG) e Salvador (BA). Os dados obtidos indicaram que a geração *per capita* de RCC variou de 230 kg/hab./ano (Salvador) até 760 kg/hab./ano (Jundiaí). Adotando-se a mediana, obteve-se o valor de geração per capita de 510 kg/hab./ano. Com relação à participação dos resíduos de construção na massa total dos RSU, verificou-se que esta variou de 41% (Salvador) a 70% (Ribeirão Preto); estes valores são bem próximos aos propostos por Karpinski et al. (2009), de 50 a 70% da massa de RSU.

Desta forma, ao considerar a geração de 510 kg/hab./ano de RCC, tendo como base um ano de trezentos dias úteis (JOHN; AGOPYAN, 2000 apud SÃO PAULO, 2014) e utilizando os dados de população urbana dos municípios divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010 apud SÃO PAULO, 2014), foram obtidos os números de geração apresentados na TABELA 1.

TABELA 1. ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE RCC POR REGIÃO ADMINISTRATIVA/SPO

| Regiões Administrativas    | Nº de municípios | População urbana 2012 (hab.) | Geração (t/dia) | Porcentagem de geração no estado |
|----------------------------|------------------|------------------------------|-----------------|----------------------------------|
| Araçatuba                  | 43               | 686.598                      | 1.167           | 1,71                             |
| Barretos                   | 19               | 400.500                      | 681             | 1,00                             |
| Bauru                      | 39               | 1.007.965                    | 1.714           | 2,51                             |
| Campinas                   | 90               | 6.051.542                    | 10.288          | 15,06                            |
| Central                    | 26               | 919.063                      | 1.563           | 2,29                             |
| Franca                     | 23               | 677.656                      | 1.153           | 1,69                             |
| Marília                    | 51               | 876.448                      | 4.490           | 2,18                             |
| Presidente Prudente        | 53               | 746.589                      | 1.270           | 1,86                             |
| Registro                   | 14               | 192.691                      | 328             | 0,48                             |
| Ribeirão Preto             | 25               | 1.244.471                    | 2.116           | 3,10                             |
| Santos                     | 9                | 1.688.894                    | 2.872           | 4,20                             |
| São José do Rio Preto      | 96               | 1.338.721                    | 2.276           | 3,33                             |
| São José dos Campos        | 39               | 2.172.343                    | 3.693           | 5,41                             |
| Sorocaba                   | 79               | 2.463.733                    | 4.189           | 6,13                             |
| Metropolitana de São Paulo | 39               | 19.709.882                   | 33.507          | 49,06                            |
| Total                      | 645              | 40.177.096                   | 68.302          | 100                              |

FONTE: SMA/CPLA (2014); CETESB (2013) apud SÃO PAULO (2014).

As estimativas apontaram para geração de 68.302 toneladas por dia de RCC em todo território paulista. Apesar de compreender somente 20% dos municípios do estado, a Região Metropolitana de São Paulo e a Região Administrativa de Campinas foram responsáveis por 64,12% da geração dos RCC. Ao contrário, a Região Administrativa de Araçatuba apresentou uma das menores gerações de RCC, apenas 1,71% da geração no estado (SÃO PAULO, 2014).

No Estado de São Paulo, cerca de 70% dos RCC gerados advêm do pequeno gerador e são provenientes de reformas, pequenas construções e obras de demolição. Os 30% restantes são provenientes de construções de maior porte (SÃO PAULO, 2012 apud SÃO PAULO, 2014).

A composição básica dos RCC pode variar em razão dos sistemas construtivos e dos materiais disponíveis regionalmente, da tecnologia aplicada, da qualidade da mão-de-obra empregada e do grau de desenvolvimento econômico regional. Os percentuais médios de materiais nos RCC no Brasil são apresentados a seguir (MENEZES et al., 2011 apud SÃO PAULO, 2014):

- Solo: 32%;
- Material Cerâmico: 30%;
- Argamassa: 25%;
- Concreto: 8%;
- Outros: 5%.

Silva Filho (2005 apud SANTOS, 2009 apud IPEA, 2012) apresenta a seguinte composição média dos materiais de RCC de obras no Brasil: argamassa (63%); concreto e blocos (29%); outros (7%) e orgânicos (1%).

Estudos realizados por Pinto (1986 apud CARDOSO, 2011), na cidade de São Carlos, Estado de São Paulo, apontaram a predominância da argamassa (64%) no total do entulho, seguido do material cerâmico (29%).

### 3.2.3. Coleta, Transporte e Transbordo

Os serviços de coleta e transporte de RCC podem ser realizados pela prefeitura municipal ou por seus contratados, por transportadores (caçambeiros e autônomos) contratados pelo gerador e/ou transportados pelo próprio gerador.

Algumas prefeituras oferecem pontos de entrega voluntária (PEV) ou ecopontos para os pequenos geradores realizarem a entrega gratuita de pequenas quantidades de RCC, além de podas de árvores, resíduos volumosos e recicláveis, de maneira a evitar o descarte irregular dos mesmos. O grande gerador de RCC deve contratar empresas legalizadas para transportar os resíduos para áreas de transbordo e triagem (ATT), áreas de reciclagem ou aterros de resíduos Classe A (SÃO PAULO, 2014).

De acordo com SÃO PAULO (2014), ATT são áreas destinadas ao recebimento de RCC e resíduos volumosos para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada.

Os PEV ou ecopontos e as ATT que não realizam transformação de resíduos não necessitam de licenciamento ambiental pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), da Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo.

### 3.2.4. Destinação

#### 3.2.4.1 Reutilização e Reciclagem

A reutilização e a reciclagem de RCC no Brasil são relativamente recentes e podem gerar diferentes benefícios como: redução do consumo de matérias primas e insumos energéticos; redução de áreas necessárias para aterro; e aumento de vida útil daqueles aterros que estão em operação (SÃO PAULO, 2014).

A Resolução nº 307 do CONAMA estabelece o dever de fazer a reutilização e reciclagem dos RCC conforme sua classificação, a saber:

- I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros;
- II - Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
- III - Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
- IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas. (BRASIL, 2002, p. 4-5)

A reciclagem desses resíduos de Classe A ocorre em usinas de beneficiamento de RCC, onde passam por processo de trituração e classificação (peneiramento). Essas unidades recebem RCC Classe A triados previamente e têm como função a produção de agregados reciclados a partir da transformação desses resíduos. Essas usinas necessitam de licenciamento ambiental (SÃO PAULO, 2014).

O Estado de São Paulo possuía, em junho de 2013, um total de 28<sup>3</sup> usinas de reciclagem licenciadas pela CETESB. As Regiões Metropolitanas de São

---

<sup>3</sup> O número de usinas de reciclagem indicado pode não corresponder à totalidade existente no estado, pois, refere-se às unidades com licença de operação válida na data do levantamento da CETESB (junho

Paulo e de Campinas, que são as maiores geradoras de RCC, possuem também o maior número de usinas de reciclagem (07 usinas). As regiões administrativas que não possuíam nenhuma dessas instalações eram: Araçatuba, Barretos, Central, Presidente Prudente, Registro e São José do Rio Preto (CETESB, 2013 apud SÃO PAULO, 2014).

Enquete realizada pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SINDUSCON-SP), no ano de 2011, nos 645 municípios paulistas, dos quais 348 responderam à pesquisa, identificou que 63 municípios possuíam área de reciclagem Classe A (SÃO PAULO, 2012).

O levantamento para o Índice de Gerenciamento de Resíduos (IGR) 2013 (ano base 2012) mostra que, dos 506 municípios que responderam ao questionário, 239 indicaram que os RCC são encaminhados para reaproveitamento e 51, para beneficiamento (SMA, 2013 apud SÃO PAULO, 2014).

A Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2012 apud SÃO PAULO, 2014) avaliou que o Estado de São Paulo é responsável por 80% dos RCC reciclados no Brasil.

De acordo com o Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2014), os agregados reciclados podem ser utilizados, dentre outros fins, na pavimentação viária e no preparo de concreto sem função estrutural, incluindo peças de cimento como: tijolos, blocos, tubos de concreto, guias, sarjetas. Dentro do canteiro de obra, o aproveitamento dos RCC faz com que os materiais que seriam descartados com um determinado custo financeiro e ambiental retornem ao processo em forma de materiais úteis. Desta forma, a diminuição das perdas passou a ser um fator fundamental para a gestão das construtoras e a adequação a um mercado competitivo e exigente por parte dos consumidores.

No entanto, segundo São Paulo (2014), o potencial de geração e utilização de agregados reciclados é bem maior que o atual. Ainda existem dificuldades a serem vencidas como a melhoria dos processos de reciclagem e da qualidade do agregado reciclado, de maneira a desenvolver um mercado consumidor efetivo. Além disso, existem poucos incentivos para a utilização de

---

de 2013). Deve ser observado que as recicladoras móveis, que processam os resíduos nas próprias obras, não estão computadas, pois prescindem das licenças da CETESB, além do fato das recicladoras móveis que atendem diferentes municípios consorciados localizados em áreas pré-determinadas receberem uma única licença para o município de maior permanência.

agregados reciclados, inclusive por parte de políticas públicas nas três esferas de governo.

### 3.2.5. Disposição Final em Aterro

A disposição final ambientalmente adequada dos resíduos é estabelecida na Lei Federal nº 12.305/2010 como a “distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adverso” (BRASIL, 2010).

Além da disposição dos rejeitos em aterros de resíduos inertes, existem os aterros de resíduos Classe A, cuja função é a reservação de material segregados a partir do emprego de técnicas de disposição desses resíduos no solo, de forma a possibilitar a utilização futura dos materiais ou o uso futuro dessas áreas. Essas áreas necessitam de licenciamento ambiental (SÃO PAULO, 2014).

No Estado de São Paulo, em junho de 2013, existiam 66<sup>4</sup> aterros de inertes e de RCC Classe A licenciados. As Regiões Metropolitanas de São Paulo e de Campinas, as maiores geradoras de resíduos da construção civil, possuíam o maior número de aterros licenciados (22 aterros). Por outro lado, as Regiões Administrativas de Presidente Prudente e Registro não possuíam nenhuma instalação; a de Araçatuba apenas um aterro (SÃO PAULO, 2014).

De acordo com os resultados da pesquisa sobre RCC realizada por SINDUSCON-SP e São Paulo (2012), dos 348 municípios paulistas que responderam à pesquisa, 24 possuíam aterro de RCC privado, 16 possuíam aterro exclusivamente público e 28 aterros públicos que recebiam resíduos privados.

O Plano de Resíduos Sólidos do Estado (SÃO PAULO, 2014), apresenta o fluxograma da FIGURA 1 com a indicação das possibilidades de destinação dos resíduos da construção civil de acordo com a sua classificação.

---

<sup>4</sup> O número de aterros indicado no estudo pode não corresponder à totalidade de aterros existentes no estado, pois se refere àqueles com licença de operação válida na data do levantamento da CETESB.



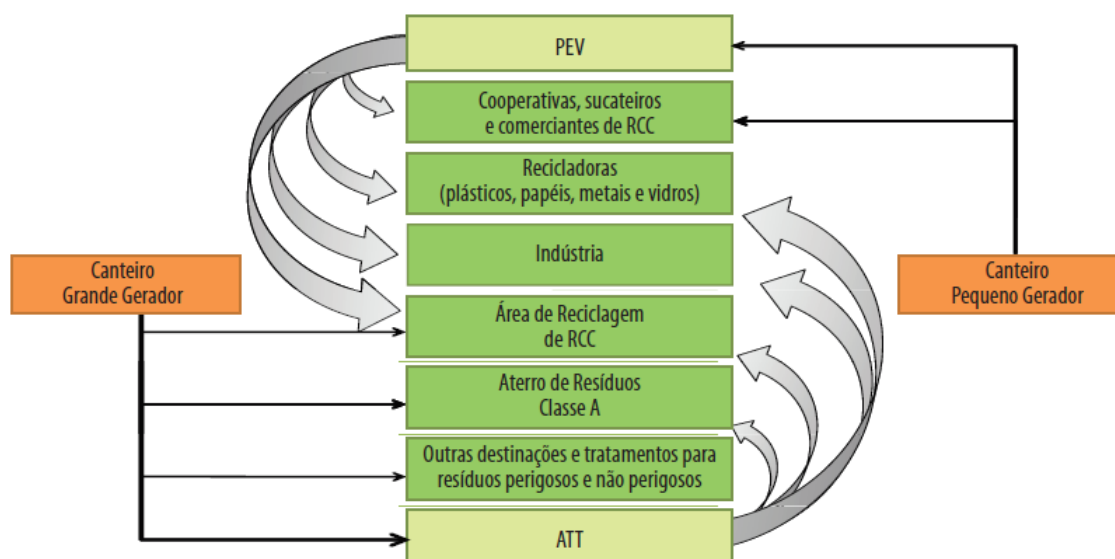


FIGURA 1. FLUXOGRAMA DE DESTINO DOS RCC  
 FONTE: SMA/CPLA (2013) apud SÃO PAULO (2014).

### 3.3. IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS

Inicialmente, Impacto ambiental é definido no artigo 1º da Resolução nº 001/1986 do CONAMA da seguinte forma:

“[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I- a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II- as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V- a qualidade dos recursos ambientais.” (BRASIL, 1986, p.1)

Neste sentido, Piovezan Júnior (2007 apud MAIA; GAIA, 2012) entende que todas as etapas do processo construtivo, como extração de matéria prima, produção de materiais, construção e demolição, geram resíduos que causam impactos ambientais.

Para Küster (2007 apud SANTOS; SOARES NETO, 2009), Pinto (1999 apud DEGANI, 2003), Pereira (2013) e Silva (2013), os impactos ambientais negativos da construção civil são gerados pelo depósito clandestino de grande parte

dos resíduos em terrenos baldios, várzeas e taludes de cursos de água, tendo como consequências:

- Comprometimento à paisagem urbana e transtornos ao trânsito de veículos e pedestres.
- Existência e acúmulo de resíduos quando não removidos pelo poder público, o que tende a se tornar um chamativo para depósito de outros tipos de lixo, como poda de árvores, objetos de grande volume como móveis e pneus e eventualmente resíduos domiciliares.
- Criação de ambientes propícios à proliferação de agentes transmissores de doenças pelo acúmulo desses resíduos.
- Obstrução das canalizações de drenagem quando levados pelas águas pluviais, causando depósitos em áreas de importantes cursos d'água, ocasionando enchentes e grandes prejuízos para a sociedade.
- Necessidade de investir em obras de contenção e reservação temporária dos elevados volumes de água para cumprir a função anteriormente atribuída às áreas naturais.

Além disso, a extração de recursos naturais tende a causar a escassez e extinção das fontes e jazidas de minério, além de alterações na flora e fauna do entorno destes locais de exploração (DEGANI, 2003).

A disposição irregular desses resíduos também constitui um problema que se apresenta às municipalidades, sobrecarregando os sistemas de limpeza pública (BRASIL, 2012).

### 3.4. ASPECTOS LEGAIS

Os RCC estão sujeitos à legislação federal sobre os resíduos sólidos, à legislação específica de âmbito estadual e municipal, bem como às normas técnicas brasileiras.

#### 3.4.1 Legislação Federal

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e pela Resolução nº 307/2002 do Conama, estabelecem diretrizes, critérios e procedimentos para a

gestão dos RCC, disciplinando as ações necessárias para minimizar os impactos ambientais.

No QUADRO 2, destacam-se os instrumentos legais, na esfera nacional, relacionados à gestão e ao gerenciamento dos RCC, organizados em ordem cronológica decrescente.

QUADRO 2. LEGISLAÇÃO FEDERAL APLICADA AOS RESÍDUOS SÓLIDOS

| <b>Instrumento normativo</b> | <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Decreto nº 7.404/2010        | Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências.                                              |
| Lei Federal nº 12.305/2010   | Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.                                                                                                                                                                                                         |
| Lei Federal nº 11.445/2007   | Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, nº 8.036, de 11 de maio de 1990, nº 8.666, de 21 de junho de 1993 e nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.                                       |
| Resolução CONAMA nº 307/2002 | Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.<br><br>Alterada pelas Resoluções nº 448/12 (altera os artigos 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 e revoga os artigos 7º, 12 e 13), nº 431/11 (alterados os incisos II e III do art. 3º); e nº 348/04 (alterado o inciso IV do art. 3º). |
| Lei Federal nº 10.257/2001   | Estatuto das Cidades: regulamenta os Artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.                                                                                                                                                                             |
| Lei Federal nº 9.605/1998    | Lei de Crimes Ambientais: dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.                                                                                                                                                                     |
| Lei Federal nº 6.938/1981    | Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.                                                                                                                                                                                                        |

FONTE: IPEA (2012).

### 3.4.2. Legislação do Estado de São Paulo

A Política Estadual de Resíduos Sólidos de São Paulo (PERS) é anterior à PNRS, e foi instituída pela Lei Estadual nº 12.300, de 16 de março de 2006, e

regulamentada pelo Decreto Estadual nº 54.645, de 5 de agosto de 2009. A PERS define gestão integrada e compartilhada voltada à proteção da saúde pública e dos ecossistemas, à inclusão social e ao desenvolvimento. Ainda, inova com princípios como a promoção de padrões sustentáveis de produção e consumo, a prevenção da poluição por redução na fonte, a adoção dos princípios do poluidor-pagador e da responsabilidade pós-consumo. De forma a assegurar a governança do processo de implantação da PERS, instalou-se a Comissão Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos por meio do Decreto Estadual nº 54.645, de 5 de agosto de 2009, composta por representantes das Secretarias de Estado de Agricultura e Abastecimento, Energia, Saúde, Saneamento e Recursos Hídricos, Desenvolvimento Metropolitano e Meio Ambiente (SÃO PAULO, 2014).

Outro instrumento normativo é a Resolução nº 56, de 10 de junho de 2010, da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA), que altera procedimentos para o licenciamento dos Sistemas de triagem e transferência de resíduos da construção civil, desde que associadas ao beneficiamento (SÃO PAULO, 2010).

#### 3.4.3. Legislação do Município de Araçatuba

A Lei nº 7.676, de 12 de novembro de 2014, aprova o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Araçatuba (ARAÇATUBA, 2014).

#### 3.4.4. Normas Técnicas

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou em 2004 uma série de normas relativas aos resíduos sólidos e aos procedimentos para o gerenciamento dos RCC em consonância com a Resolução CONAMA nº 307/2002 (IPEA, 2012). O QUADRO 3 lista as normas técnicas brasileiras relativas ao assunto.

QUADRO 3. NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS

| <b>Norma</b>        | <b>Descrição</b>                                                                                                                    |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ABNT NBR 10.004     | Resíduos sólidos - Classificação                                                                                                    |
| ABNT NBR 15114:2004 | Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação                        |
| ABNT NBR 15112      | Resíduos da construção civil e resíduos volumosos, áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. |

|                 |                                                                                                                                                     |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ABNT NBR 15113  | Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.                                |
| ABNT NBR 15114  | Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação                                        |
| ABNT NBR 15.115 | Agregados reciclados de Resíduos sólidos da construção civil - execução de camada de pavimentação (procedimentos).                                  |
| ABNT NBR 15.116 | Agregados reciclados de Resíduos sólidos da construção civil - utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural (requisitos). |

FONTE: IPEA (2012).

### 3.5 RECICLAGEM

A reciclagem é o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos (BRASIL, 2012).

A prática da reciclagem na construção civil data da antiguidade. A partir da segunda metade do século XIX, os alemães iniciaram a utilização de sobras de materiais de blocos de cimento para produção de artefatos de concreto. Mas, as aplicações mais relevantes da reciclagem ocorreram depois da segunda guerra mundial quando houve a necessidade de reconstrução da Europa (WEDLER; HUMMEL, 1946 apud MARQUES NETO, 2005 apud CARDOSO, 2011).

No Brasil, os estudos iniciais na área de reciclagem de RCC datam do início da década de oitenta. Já, a experiência com equipamentos de grande porte começou na década de noventa quando a implantação de instalações de reciclagem se expandiu por vários municípios como São Paulo, Belo Horizonte e Londrina, dentre outros (PINTO, 1999 apud CARDOSO, 2011).

#### 3.5.1 Vantagens da Reciclagem

De acordo com Dias (2007), existem vantagens econômicas, sociais e ambientais, independente do uso do entulho, a saber:

- Economia na aquisição de matéria-prima, com a substituição de materiais convencionais por recicláveis;
- Redução da poluição gerada pelo entulho e de suas consequências negativas, como enchentes e assoreamento de rios e córregos;
- Preservação das reservas minerais não renováveis;

- Diminuição de áreas de aterros de inertes, minimizando os impactos decorrentes da deposição maciça de RCC;
- Concepção de alternativa para as mineradoras, cada vez mais sujeitas às restrições ambientais;
- Diminuição do consumo de energia e de geração de CO<sub>2</sub> na produção e no transporte de materiais.

Para Carneiro (2001 apud DIAS, 2007), as vantagens econômicas da reciclagem, em substituição aos depósitos irregulares de RCC, apresentam-se nos custos de limpeza urbana para as administrações municipais. Os custos com descarte irregular, correção da deposição com aterramento e controle de doenças giram em torno de U\$ 10/m<sup>3</sup> de RCC para prefeituras e o custo da reciclagem é de cerca de 25% desse valor.

O mesmo autor avalia que as vantagens do ponto de vista social expressam-se no uso dos materiais reciclados em programas de habitação popular e de infraestrutura urbanos, com a criação de empregos diretos e indiretos. Dias (2007) avalia ser necessário ao setor da construção civil reciclar seu próprio resíduo de maneira a reduzir sua responsabilidade ambiental.

### 3.5.2. Aspectos Regionais que Afetam Programas de Reciclagem

Para a análise do macroambiente de negócio, segundo Wright et al.(1998 apud COSTA et al., 2007), os programas de reciclagem são influenciados pelos aspectos sociais, econômicos, político-legais e técnico-gerenciais. IBGE (2010a) introduziu a dimensão ambiental na análise de desenvolvimento e informações para a tomada de decisões.

- Aspectos sociais: referem-se ao crescimento populacional, educação, densidade populacional, consciência ambiental, fatores que influenciam as necessidades de infraestrutura, geração de resíduos, atitude da sociedade para a preservação do meio ambiente e apoio a ações voltadas à reciclagem (COSTA et al., 2007).
- Aspectos econômicos: são consideradas as variáveis renda familiar, taxa de desemprego e PIB, indicadores estes diretamente relacionados à economia da região e de seus habitantes (Languell, 2001 apud. COSTA et al., 2007).

- Aspectos político-legais: Variáveis importantes para a implementação e o sucesso da reciclagem são legislação ambiental, incentivos econômicos e fiscalização. De acordo com Languell (2001 apud. COSTA et al., 2007), depois das considerações monetárias, as legislações são as variáveis que mais influenciam os negócios de reciclagem e desconstrução. A maioria dos esforços é ignorada sem uma pressão legal ou econômica para reduzir, reusar e reciclar.
- Aspectos técnicos e de gestão: os aspectos de gestão envolvem entidades governamentais, como prefeituras e outros órgãos relacionados à gestão de resíduos, como o CONAMA, SINDUSCON, etc. Os aspectos técnicos se referem à quantidade de resíduo produzido, estoque de edifícios, distâncias de matéria prima virgem, comercialização do resíduo, número de aterros, entre outros (COSTA et al., 2007).
- Aspectos ambientais: referem-se aos indicadores relacionados ao uso dos recursos naturais e à degradação ambiental, organizados nos temas atmosfera, terra, água doce, mares e áreas costeiras, biodiversidade e saneamento (IBGEa, 2010).

### 3.5.3. Plantas para Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil

De acordo com Jadovski (2005), as plantas para beneficiamento de RCC apresentam diferentes características quanto à sua instalação, a saber: fixas, semi-móveis e móveis.

- Plantas Fixas

As instalações fixas possuem localização definitiva e, de acordo com Cairns et al. (1998 apud JADOVSKI, 2005), as principais vantagens deste tipo de planta são a possibilidade de obtenção de produtos reciclados mais diversificados e de melhor qualidade que os produzidos pelas plantas móveis e, em segundo lugar, a possibilidade de utilização de equipamentos maiores e mais potentes que possibilitam melhor processo de britagem, retirada de impurezas e peneiramento que os equipamentos utilizados em plantas móveis. A desvantagem deste tipo de planta é o alto investimento inicial. Porém, segundo levantamentos de Jadovski (2005), uma área inferior a 20.000 m<sup>2</sup> é suficiente. Estas instalações são empregadas em empresas de localização definitiva, como pedreiras e fábricas de cimento (FÁBRICA... – FAÇO, 1985 apud JADOVSKI, 2005)..

- Plantas Semi-móveis

As plantas semi-móveis são construídas sobre bases de estruturas metálicas, possuem baixa altura (facilita a montagem e manutenção e diminui o comprimento das correias transportadoras intermediárias) e simplicidade de instalação. Assim, em virtude da facilidade, rapidez e economia de montagem, estas instalações são empregadas em empreendimentos com tempo de montagem limitado, como instalações para barragens hidrelétricas e pedreiras para construção de estradas (FÁBRICA... – FAÇO, 1985 apud JADOVSKI, 2005).

- Plantas Móveis

As plantas móveis não necessitam de obras civis, podendo ser relocadas facilmente, utilizam pouca mão de obra (4 operários), necessitam pouco tempo de instalação e desinstalação (aproximadamente 4 horas) e podem ser dispostas junto ao depósito do material a ser britado, diminuindo as distâncias de transporte do material de demolição até a planta de reciclagem (MUELLER e WINKLER, 1998 apud JADOVSKI, 2005). Estas instalações móveis utilizam equipamentos de pneus para transportes maiores e esteiras para locomoção no local de britagem (NORTEC, 2004 apud JADOVSKI, 2005). Por suas características, as plantas móveis são indicadas para atividades que requerem movimentação constante, ou seja, serviços de manutenção de estradas, prospecção geológica e exploração de jazidas espalhadas em uma área (FÁBRICA... – FAÇO, 1985 apud JADOVSKI, 2005).

#### 3.5.4. Processamento para Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil

Os processamentos para beneficiamento de RCC são classificados em primeira, segunda e terceira geração. O processo de primeira geração é o mais simples de todos, pois a remoção dos contaminantes é realizada de forma manual e os metais ferrosos são removidos por eletroímã (HANSEN, 1992 apud JADOVSKI, 2005). No processo de segunda geração são incorporados procedimentos mais sofisticados de limpeza e triagem dos resíduos. As plantas de terceira geração possuem equipamentos mais avançados para beneficiamento dos resíduos. A



reciclagem de RCC no Brasil caracteriza-se pelo processo de primeira geração (JADOVSKI, 2005).

### 3.5.5. Equipamentos para Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil

No trabalho de Jadovski (2005), o autor cita os seguintes equipamentos necessários para realização das principais etapas do processo produtivo de uma empresa de coleta e reciclagem de resíduos sólidos da construção civil:

- Alimentadores: equipamentos utilizados para alimentação de britadores primários, retomada de materiais sob silos e pilhas, alimentação com dosagem de rebitadores e moinhos, dentre outras funções.
- Britadores: são os equipamentos mais importantes em uma usina de reciclagem de resíduos sólidos e determinam a maior parte das propriedades dos agregados produzidos. Os principais tipos de britadores são os de mandíbulas e giratórios e os rebitadores hidráulicos, de cones e de rolos.
- Máquinas de impacto: realizam a britagem através do choque do material contra as paredes fixas e peças móveis do equipamento. Os principais tipos são o britador de impacto, moinhos de martelos e moinho de bolas.
- Peneiras: peneiras vibratórias são utilizadas para classificar materiais, visando à separação do material por granulometria (CORRÊA et al., 2009 apud CARDOSO, 2011).
- Transportadores de correias: faz a conexão entre a peneira e o britador, tem uma estrutura simples, é de fácil manutenção podendo ser utilizado em plantas fixas ou móveis. Pode ser instalado horizontalmente ou inclinado.
- Lavadores: faz a remoção de materiais indesejáveis, principalmente argila e partículas super finas. É aplicada também na classificação de materiais finos e úmidos, cujo peneiramento é extremamente difícil sem a lavagem.

Corrêa et al. (2009 apud CARDOSO, 2011) introduz, dentre os materiais essenciais às usinas de beneficiamento, o extrator de metal, utilizado para remoção de material ferroso do entulho.

Além desses, existem os equipamentos de redução das dimensões dos resíduos, a saber: rompedores hidráulicos; tesouras trituradoras e pulverizadores. Também são necessários equipamentos para espalhar e carregar o resíduo, como pá-carregadeira ou retroescavadeira (JADOVSKI, 2005 apud SEBRAE, 2012).

### 3.5.6. Etapas da Reciclagem de Resíduos da Construção Civil

De forma simplificada, o produto final de uma usina de reciclagem de RCC é obtido através da seguinte sequência (SEBRAE, 2012):

- Caminhão da construtora entrega material (depositado em caçambas).
- Avaliação visual da qualidade do entulho descarregado.
- Separação manual, junto com os funcionários, de metal, papel, papelão, plástico, etc., para venda (ou doação às entidades que trabalham com reciclagem), sendo o restante enviado para britagem.
- Alimentação do equipamento de britagem com o entulho previamente limpo.
- Britagem dos resíduos.
- Separação magnética/densidade de pedaços de metais possivelmente existentes (o metal pode ser vendido ou doado).
- Peneiramento e classificação do material (areia, brita 1, brita 2, pedrisco e rachão).
- Empilhamento do material britado, peneirado e classificado (pá carregadeira remove material).
- Estocagem segregada dos produtos prontos para a venda (frota de entrega sob responsabilidade do cliente, ou terceirizada quando necessário).

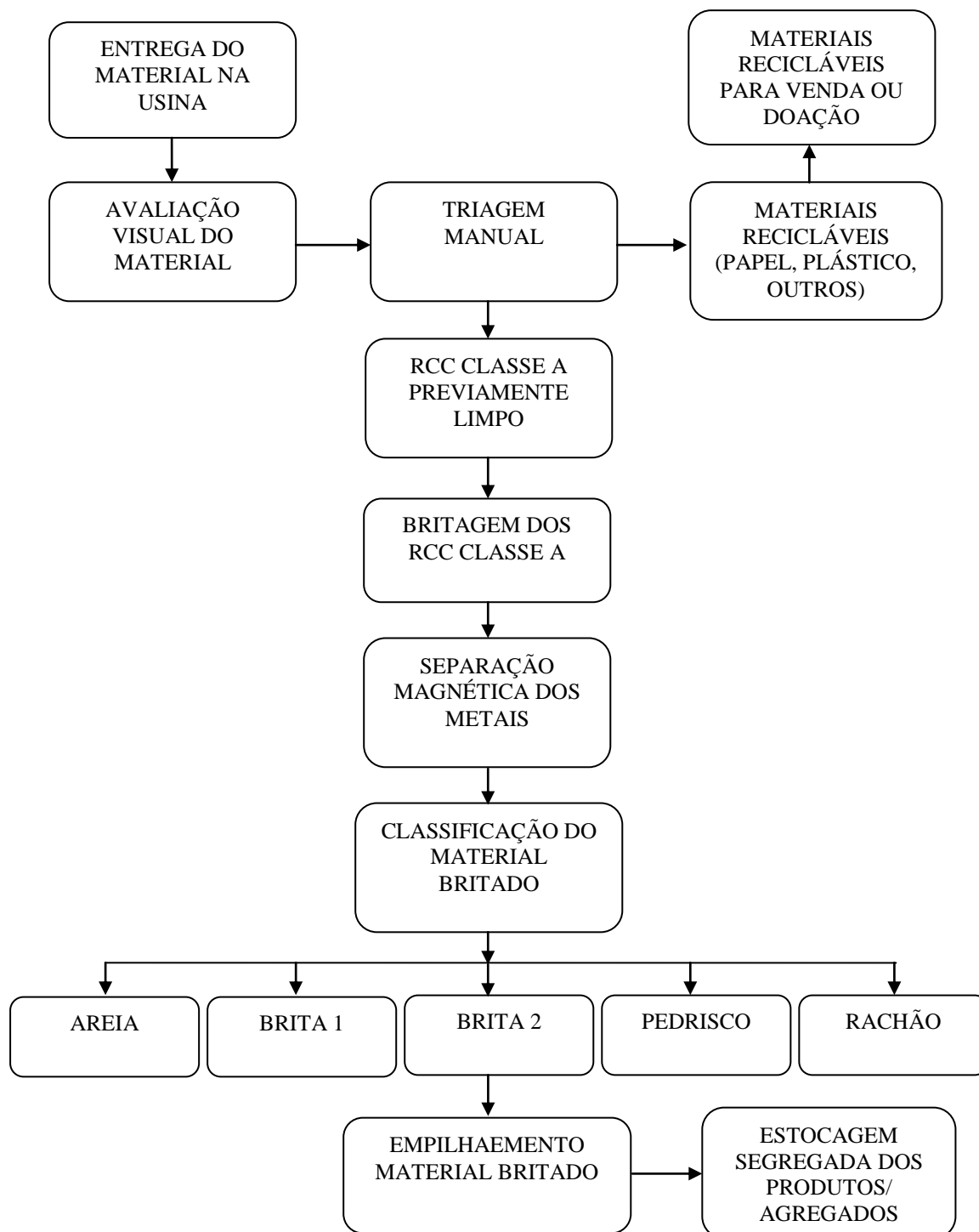


FIGURA 2. FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE RECICLAGEM DE RCC  
 FONTE: SEBRAE (2012).

### 3.5.7. Localização das Usinas

A escolha da localização de uma empresa de reciclagem de resíduos da construção civil dependerá da presença de fornecedores de resíduos/entulho próximos ao local. Também é importante observar uma distância razoável de

residências, boa condição de acesso ao local e a proximidade com um aterro de inertes, o que reduz significativamente os custos de disposição de materiais não aproveitados (SEBRAE, 2012).

Além disso, a localização e a estrutura do imóvel deverão estar de acordo com as normas de higiene e limpeza da Vigilância Sanitária e com o Plano Diretor Urbano do município (SEBRAE, 2012).

A ABNT por meio da NBR nº 15114/2004 fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos de construção civil Classe A (ABNT, 2014b).

A aplicabilidade dessa norma faz-se na reciclagem de materiais já triados para a produção de agregados com características para a aplicação em obras de infraestrutura e edificações, de forma segura, sem comprometimento das questões ambientais, das condições de trabalho dos operadores dessas instalações e da qualidade de vida das populações vizinhas (ABNT, 2014b). Os critérios de localização da usina de reciclagem devem ser tal qual:

a) análise do impacto ambiental a ser causado pela instalação da área de reciclagem seja minimizado; b) a aceitação da instalação pela população seja maximizada; c) esteja de acordo com a legislação de uso do solo e legislação ambiental. (ABNT, 2004b, p. 2)

De maneira a avaliar a adequabilidade de um local aos critérios descritos acima, devem ser observados os seguintes aspectos: a) hidrologia; b) vegetação; c) vias de acesso. Além disso, a área de reciclagem deve possuir isolamento e sinalização; acessos internos e externos; iluminação e energia; e proteção das águas superficiais (ABNT, 2004b).

### 3.5.8. Agregados de Reciclagem: Características, Aplicação e Mercado

Os agregados produzidos pelas usinas de reciclagem de RCC são variados em função do material reciclado. O QUADRO 4 apresenta as características dos possíveis produtos gerados na reciclagem e suas principais utilizações.

QUADRO 4. CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÃO DOS AGREGADOS

| Produtos        | Características                                                                                                                                                                      | Uso recomendado                                                                                                                                                     |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Areia reciclada | Material com dimensão máxima inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, provenientes da reciclagem de concreto e blocos de concreto.                                                    | Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.                                                         |
| Pedrisco        | Material com dimensão máxima de 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.                                                             | Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.                                                 |
| Brita reciclada | Material com dimensão máxima inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.                                                      | Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.                                                                                                       |
| Bitá corrida    | Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil (blocos de concreto, restos de cerâmicas, etc.), livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm. | Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos. |
| Rachão          | Material com dimensão máxima inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.                                                     | Obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.                                                                                                                   |

FONTE: PIOVEZAN JÚNIOR (2007) apud CARDOSO (2011); *URBEM TECNOLOGIA AMBIENTAL* apud ABRECON (2015).

De acordo com dados da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2015), o segmento da reciclagem de RCC no Brasil ainda é incipiente. No entanto, a reciclagem deste resíduo é um mercado desenvolvido em muitos países da Europa, em grande parte pela escassez de recursos naturais desses países.

Conforme informações apresentadas pela ABRELPE (2011; 2013), registra-se uma tendência de crescimento da coleta de RCC no Brasil, sendo que esta situação exige atenção especial com relação ao destino final dado a esses resíduos.

Cunha e Miceli (2013) apontaram um crescimento da oferta de agregado reciclado no Brasil desde 2002, a partir da publicação da Resolução nº 307 do CONAMA, e intensificado com a PNRS em 2010.

No Brasil, existiam, em 2002, 11 usinas de reciclagem municipais (LEVY, 2002 apud CUNHA; MICELI, 2013). Esse número cresceu e contavam cerca de 200 usinas em 2013 (ABRECON, 2013 apud CUNHA; MICELI, 2013). As usinas se concentram principalmente na região sudeste, sendo São Paulo o estado com a maior concentração (NUNES, 2004 apud CUNHA; MICELI, 2013).

Ao tomar como base um índice médio de geração per capita de RCD de 500 kg/habitante/ano, Cunha e Miceli (2013) estimaram uma geração de 80 milhões de toneladas/ano de RCC para uma população urbana de 160 milhões de pessoas no Brasil, segundo dados do censo demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Cunha e Miceli (2013), ao considerarem a geração de 80 milhões de toneladas por ano de RCC e a capacidade média de uma usina reciclar 60.000 toneladas por ano (capacidade diária média de 208 toneladas, considerado 24 dias de operação ao mês), estimaram que, no mínimo, deveriam existir no país 1.300 usinas de reciclagem do RCC, ante as 200 estimadas por ABRECON em 2013.

Os mesmos autores avaliaram que o setor público é o grande consumidor de agregados naturais para pavimentação, com um consumo de cerca de 50 milhões de toneladas por ano. Apenas a pavimentação seria capaz de absorver cerca de 50% da massa total de RCC estimado. O restante, cerca de 30 milhões de toneladas de agregados naturais, é consumido pelo setor privado, grande parte empregado em concretos e argamassas. Desta forma, se todo o RCC classe A for reciclado como agregados e destinado a esse mercado, apenas 20% dos agregados naturais serão substituídos por reciclados. Ou seja, o consumo de agregados reciclados ainda é incipiente, havendo muito espaço para crescimento da oferta.

A fim de avaliar a oferta e a demanda de agregados reciclados, Cunha e Miceli (2013) fizeram as projeções para cinco anos (de 2013 a 2017) e chegaram as seguintes conclusões:

Com as análises das projeções feitas para os próximos 5 anos, percebe-se que ainda há uma diferença muito grande entre a capacidade atual das usinas e a quantidade demandada. Neste intervalo de 5 anos a Demanda por brita reciclada é crescente, e ainda muito maior que a capacidade das usinas de reciclagem. Percebe-se a necessidade iminente de um aumento da capacidade instalada, já iniciada a partir dos novos marcos regulatórios. Pode-se concluir neste primeiro capítulo que do ponto de vista da análise de oferta-demanda, é interessante tanto investir em novas plantas, como aumentar a capacidade das usinas já existentes, tendo em vista a crescente demanda pelos reciclados dos agregados da construção civil, principalmente após o marco legal de 2010 com a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. É preciso ainda fundamentar esta decisão com estudos de viabilidade técnica e econômica. (CUNHA E MICELI, 2013, p. 16)

### 3.6. ANÁLISE DE VIABILIDADE

A avaliação econômica de um projeto baseia-se no critério de rentabilidade, sendo viável economicamente quando propicia saldos capazes de remunerar o capital investido (TIMOFEICZYK JUNIOR, 2013). De acordo com o mesmo autor, podem-se considerar as seguintes técnicas de análise de investimentos: Valor Líquido Presente (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). Também, no caso de existir situação de incerteza na formação do fluxo de caixa, deve-se realizar a análise de sensibilidade, de acordo com o mesmo autor.

#### 3.6.1. Valor Presente Líquido (VPL)

De acordo com Timofeiczky Junior (2013), o VPL é a técnica mais conhecida e utilizada na análise de investimentos. O VPL de um projeto é definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado. É medido pela diferença entre o valor presente das entradas de caixa e o valor presente das saídas de caixa, descontado a uma determinada taxa de desconto, também chamada de Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Calcula-se o valor presente dos demais termos dos fluxos de caixa para somá-los aos investimentos iniciais de cada alternativa.

Conforme Souza e Clemente (1997 apud JADOVSKI, 2005), o VPL deve ser superior a zero para que o projeto seja aceito. A taxa de desconto, ou TMA, é necessária para se comparar valores que ocorrem em diferentes épocas, principalmente na avaliação de investimentos de longo prazo. Através desta taxa, descontam-se valores futuros para tornarem-se comparáveis no presente, ou capitalizam-se valores presentes para compará-los no futuro. Porém, um dos problemas é a seleção de um valor apropriado para a TMA, pois o VPL é muito sensível à mudança nesta taxa, especialmente para projetos de longo prazo. Pequenas mudanças na taxa de desconto podem alterar significativamente a classificação de projetos e as conclusões referentes às suas lucratividades (TIMOFEICZYK JUNIOR, 2013).

### 3.6.2. Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR é a taxa de desconto que iguala o VPL do projeto a zero. É a taxa média de crescimento de um investimento. Está normalmente associado a estudos de viabilidade econômica em que se busca verificar se a rentabilidade de determinado investimento é superior, inferior ou igual ao custo do capital que será utilizado para financiar o projeto, representado pela Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Portanto, o projeto será economicamente viável quando sua TIR for superior a TMA.

### 3.6.3 Análise de Sensibilidade

Os fluxos de caixa são organizados a partir de projeções de valores mais prováveis para determinado projeto. Desta forma, por melhor que tenha sido a previsão, o fluxo de caixa não será exatamente como o formulado originalmente, pois, a incerteza está sempre presente (TIMOFEICZYK JUNIOR, 2013).

De acordo com o mesmo autor, a situação de incerteza ocorre quando não se sabe quais são os eventos possíveis, ou não se conhecem suas probabilidades de virem a ocorrer e, nesse caso, deve-se realizar a análise de sensibilidade. Esta análise foi definida da seguinte forma por Souza e Clemente (1997) e Galesne et al. (1999) apud Jadovski (2005):

A análise de sensibilidade é utilizada para o caso em que poucos componentes do fluxo de caixa estejam sujeitos a um grau pequeno de aleatoriedade, como pequenas variações na TMA, no investimento inicial, nos benefícios líquidos periódicos, ou no prazo do projeto. Variando-se os parâmetros de entrada, para mais ou para menos, gera-se uma matriz de resultados, onde a idéia básica é verificar quão sensível é a variação da rentabilidade do projeto a uma variação de cada um dos componentes do fluxo de caixa. Aqueles parâmetros que, proporcionalmente, provocarem maior variação na rentabilidade do projeto serão classificados como sensíveis. (SOUZA; CLEMENTE, 1997; GALESNE et al., 1999 apud JADOVISKI, 2005, p. 87).

Portanto, a análise de sensibilidade objetiva auxiliar as tomadas de decisão, ao se examinar eventuais alterações de valores, como a TIR e VPL, produzidos por alterações nos valores dos parâmetros componentes do fluxo de caixa, entradas e saídas (TIMOFEICZYK JUNIOR, 2013).



### 3.6.4 Fluxo de Caixa Descontado

O método do fluxo de caixa descontado é baseado em entradas e saídas de caixa, e não em conceitos de competência de receitas e despesas, em que estas são contabilizadas independente do pagamento ou recebimento de dinheiro (HORNGREN, 1985 apud TIMOFEICZYK JUNIOR, 2004). Conforme o mesmo autor, o custo inicial de um ativo é, em geral, considerado uma saída única de caixa no período zero.

As saídas de caixa são todas as despesas da empresa durante sua vida útil. Nesse caso, são considerados os custos pré-operacionais, os investimentos para implantação, os custos operacionais, capital de giro e re-investimentos (TIMOFEICZYK JUNIOR, 2013).

Os gastos pré-operacionais e os investimentos com a aquisição de bens móveis e imóveis são necessários para a construção do projeto. Após a fase de implantação, são gerados os custos de operação e manutenção, indispensáveis para o funcionamento da empresa.

Os re-investimentos são efetuados para substituir máquinas, equipamentos, veículos, infraestruturas, móveis e eletrônicos deteriorados ou ultrapassados ao longo do horizonte de planejamento, após atingirem sua vida útil (TIMOFEICZYK JUNIOR, 2004).

O capital de giro é o montante de recursos financeiros que a empresa precisa manter para suportar as oscilações de caixa. É regulado pelos prazos praticados pela empresa. Quanto maior o prazo concedido aos clientes e quanto maior o prazo de estocagem, maior será sua necessidade de capital de giro e vice-versa. Desta maneira, deve-se atentar para quanto do dinheiro disponível em caixa é necessário para honrar compromissos de pagamentos futuros, como pagamento de fornecedores e impostos (SEBRAE, 2012).

De acordo com TIMOFEICZYK JUNIOR (2013), as entradas do fluxo de caixa são:

- a) Receita bruta (faturamento) obtida por meio da venda dos produtos do projeto;
- b) Venda de produtos secundários;
- c) Retorno do capital de giro ao final do horizonte de planejamento.

### 3.7. CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Para a análise de viabilidade econômica de usinas de triagem e reciclagem, faz-se necessário considerar os custos de implantação, operação e manutenção.

De acordo com Cardoso (2011), são poucos os estudos realizados sobre análise de viabilidade econômica financeira de usinas de triagem e reciclagem. Na literatura técnica o mesmo autor encontrou os trabalhos de Jadovski (2005), Stolz (2008). Cunha e Miceli (2013) também estudaram a viabilidade de usina de triagem e reciclagem de resíduos da construção civil.

#### 3.7.1. Custo de Implantação

De acordo com SEBRAE (2012), em geral, na criação de uma empresa, os principais investimentos em capital fixo são compostos de: despesas pré-operacionais; criação da empresa; imóveis (terrenos, prédios industriais e administrativos, galpões); construção, urbanização e edificações; imobilizações intangíveis; reservas de contingência (10% do total para eventualidades, por exemplo); máquinas e equipamentos. Além disso, deve-se considerar o investimento em pesquisa, normatização ambiental e aquisição de novas tecnologias (sistemas informatizados, por exemplo). Neste sentido, SEBRAE (2012) estimou o investimento inicial total para uma empresa de pequeno porte de R\$ 692.172,00.

Segundo Wilburn e Goonan (1998 apud JADOVSKI, 2005), os investimentos são equipamentos móveis e estacionários, construções civis, infraestruturas e capital de giro (estimado em 15% dos custos variáveis de operação). Além destes, Jadovski (2005) entende que devem ser contabilizados os custos para barreira acústica e de poeira e a possibilidade de arrendamento do terreno. No caso de aquisição do terreno, este é considerado como custo de implantação e no caso de ser alugado é considerado como custo de operação. Ainda, segundo o mesmo autor, o custo de implantação da Usina de Reciclagem de RCC é dado pela equação 3.

$$C_{imp} = C_e + C_{mvp} + C_{ie} + C_t + C_{oc} \quad (3)$$

Onde:

$C_{imp}$ : custo de implantação da usina de reciclagem de RCC;

$C_e$ : custo de aquisição de equipamentos, como, britador e esteiras;

$C_{mvp}$ : custo de aquisição de máquinas e veículos próprios;

$C_{ie}$ : custo de instalação de equipamentos;

$C_t$ : custo de aquisição do terreno;

$C_{oc}$ : custo de obras civis, como, terraplanagem, guarita, barreira vegetal;

Além desses custos, nesse estudo optou-se por acrescentar os custos das despesas pré-operacionais, como licenciamento ambiental, taxas, abertura da empresa, de acordo com SEBRAE (2012).

As máquinas e veículos próprios necessários em uma usina de reciclagem de RCC são a retroescavadeira ou pá carregadeira e caminhão basculante (CARDOSO, 2011). De acordo com Jadovski (2005) para usinas com capacidade inferior a 30 t/h é aconselhável a retroescavadeira pelo valor de aquisição e operação serem inferiores ao da pá carregadeira.

A área necessária para implantação de uma empresa de coleta e reciclagem de resíduos varia conforme a capacidade de reciclagem do empreendimento. De acordo com em Jadovski (2005 apud SEBRAE, 2012), uma área de 6.500 m<sup>2</sup> é capaz de atender a uma usina com capacidade de 40 t/h.

Cardoso (2011) identificou os custos de terraplanagem, contenções, obras civis e construção da barreira vegetal, equivalem, em média, a 17% do custo total de aquisição dos principais equipamentos.

### 3.7.2. Custo de Operação e Manutenção

Os custos de operação da usina de reciclagem de RCC são fixos e variáveis e podem ser de acordo com Jadovski (2005), a saber: custo de mão de obra própria; custo de veículos, máquinas e equipamentos alugados, quando for o caso; custo de operação de veículos, máquinas e equipamentos próprios; custos de insumos de produção (água e energia elétrica); custo de despesas administrativas; custo de aluguel do terreno, quando for o caso; e custos de impostos (PIS/COFINS, IPI, ICMS, impostos de renda e contribuição social). Esse mesmo autor estimou a composição da equipe de operação de usinas de reciclagem conforme sua capacidade de produção, sendo que para até 50 t/h são necessários: 01 encarregado; 01 operador de equipamentos e 06 auxiliares de produção.

Para esse tipo de empreendimento, SEBRAE (2012) considerou os custos de quadro de pessoal (salários diretos, terceirizados e pró-labore do empreendedor), depreciação das máquinas e equipamentos (10% ao ano), despesas com frete, armazenamento e transporte, material de consumo, água, luz, telefone e acesso à internet, despesas indiretas de manutenção e depreciação das obras civis. Para uma usina de reciclagem de RCC de pequeno porte, SEBRAE (2012) estimou a equipe de: 01 engenheiro civil, 01 secretária, 01 porteiro, 05 auxiliares de triagem, 02 vigias, 01 operador de britagem, 01 operador de máquina, 01 auxiliar de manutenção. Esse Nesse caso, SEBRAE (2012) estimou custo operacional total de R\$ 46.763 por mês.

Na estimativa de custos para uma planta móvel de 30 t/h, Cunha e Miceli (2013) estimaram custos operacionais mensais de R\$ 97.225,00. Desses, R\$ 26.600 são custos fixos com mão de obra qualificada, sem qualificação e gerente, e R\$ 70.625,00 custos variáveis, como energia, água, rejeitos, manutenção/desgaste e outros. Desses valores foi excluído o transporte da usina (específico para plantas móveis), pois a intenção desse estudo foi demonstrar custos de plantas fixas.

A depreciação econômica é o componente importante dos custos de produção, pois representa a perda do valor dos ativos, resultante do desgaste pelo uso, ação da natureza ou por se tornar obsoleto tecnicamente (LHORET, 1994 apud TIMOFEICZYK JUNIOR, 2004).

No caso dos impostos, de acordo com SEBRAE (2012), o segmento de reciclagem de resíduos da construção civil pode optar pelo Simples Nacional, Regime Especial Unificado de Arrecadação de Tributos e Contribuições, devidos pelas Microempresas (ME) e Empresas de Pequeno Porte (EPP), instituído pela Lei Complementar nº 123/2006, desde que a receita bruta anual de sua atividade não ultrapasse a R\$ 360.000,00 para microempresa e R\$ 3.600.000,00 para empresa de pequeno porte, respeitando os demais requisitos previstos na Lei.

O imposto desse trabalho foi calculado com base na alíquota do Simples Nacional Anexo Único da Lei Complementar nº 147, de 7 de agosto de 2014.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. O MUNICÍPIO DE ARAÇATUBA

Araçatuba está localizada na região Noroeste do Estado de São Paulo e contava com 181.579 habitantes no período de 2010, sendo 98,07% desta população residente na área urbana (IBGE, 2010b). O mesmo Instituto estimou a população araçatubense em 191.662 habitantes no ano de 2014.

Apesar do seu alto grau de urbanização, nos intervalos censitários de 1980-1991, 1991-2000 e 2000-2010, o município não apresentou significativas taxas geométricas de crescimento anual da população (1,93% a.a., 1,19% a.a. e 0,71% a.a., respectivamente), em todos os períodos analisados as taxas foram menores que a do estado de São Paulo (2,12% a.a., 1,82% a.a. e 1,09% a.a., respectivamente) (FUNDAÇÃO SEADE, 2015).

A partir da taxa geométrica de crescimento anual da população de 0,71% a.a., o PMGIRS (ARAÇATUBA, 2014) projetou a população residente no município para os próximos anos, a saber: 190.737 hab. em 2017; 194.802 hab. em 2020; 207.532 hab. em 2029; e 230 hab. em 2044.

O município destaca-se como polo regional e caracteriza-se pela diversidade de atividades econômicas, predominando a agropecuária, com a produção de cana-de-açúcar e pecuária de corte. Os setores comércio e prestação de serviços também se destacam na economia.

Nos últimos anos, Araçatuba apresentou crescimento do setor da construção civil, com geração de empregos e expansão do número habitações, reflexo do programa Minha Casa Minha Vida e da oferta facilitada de crédito habitacional. Mesmo quando o setor enfrenta crises, a cidade ainda registra a criação de postos de trabalho, porém em um ritmo menor. De acordo com dados agregados do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados do Ministério do Trabalho e Emprego (MET, 2015), de janeiro de 2014 a janeiro de 2015, houve a geração de 390 empregos formais por parte da construção civil. Esse número, no entanto, é um pouco menor comparado ao período anterior (de janeiro de 2013 a janeiro de 2014), quando foram gerados 488 empregos formais.

## 4.2. METODOLOGIA DA PESQUISA

Esse Trabalho parte da pesquisa exploratória a qual busca uma abordagem do fenômeno pelo levantamento de informações que poderão levar o pesquisador a conhecer mais a seu respeito (DOXSEY & DE RIZ, 2002-2003 apud GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Os mesmos autores afirmam que é preciso explicar a exploração do fenômeno que tem como objetivos desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias. Esse tipo de pesquisa é realizada especialmente quando há poucas informações disponíveis sobre o tema ao qual se relaciona o objeto de estudo. Justamente devido ao escasso conhecimento do assunto, o planejamento é flexível, de forma que os vários aspectos relativos ao fato possam ser considerados. A escassez de informações torna difícil a formulação de hipóteses, como requerem as pesquisas descritivas e explicativas.

Nesse estudo fez-se a pesquisa bibliográfica, a qual, de acordo com Gil (1991 apud SILVA; MENEZES, 2005), parte de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos, entre outros disponibilizados na internet.

A Pesquisa é aplicada, pois objetiva gerar conhecimento para aplicação prática e dirigida à solução de um problema específico, de interesse local (SILVA; MENEZES, 2005). Segundo Gil (1999 apud AMARAL, 2010) a pesquisa aplicada “tem como característica fundamental o interesse na aplicação, utilização e consequências práticas dos conhecimentos”.

## 4.3. COLETA DE DADOS

### 4.3.1. Fonte de Dados Primários

Os dados primários foram obtidos através de coletados, a saber:

- Os valores de venda de agregados reciclados foram fornecidos através de 03 (três) e-mails de empresas de reciclagem de RCC, a saber: Urbem Tecnologia Ambiental, SBR Reciclagem e Morada do Sol Ambiental, a saber:

TABELA 2. PREÇOS MÉDIOS DE COMERCIALIZAÇÃO DOS PRODUTOS

| <b>Produtos<br/>(agregados reciclados)</b>    | <b>São Bernardo do<br/>Campo</b> | <b>Jundiaí</b> | <b>Araraquara</b> |
|-----------------------------------------------|----------------------------------|----------------|-------------------|
| Areia Reciclada (R\$/m <sup>3</sup> )         | 32                               | 42             | 26                |
| Brita corrida reciclada (R\$/m <sup>3</sup> ) | 32                               | 30             | -                 |
| Rachão reciclado (R\$/m <sup>3</sup> )        | 35                               | 40             | 20                |
| Brita reciclada (R\$/m <sup>3</sup> )         | -                                | 40             | 20                |

FONTE: DADOS DA PESQUISA (2015).

A partir desses dados, foi calculado o preço médio dos agregados reciclados.

- O valor de comercialização dos metais ferrosos separados pelo eletroímã foi obtido por meio de um (01) telefonema à empresa ESCMA (2015), a qual adquire esse material no valor de: R\$ 550,00 por tonelada;
- A distância mínima recomendada de afastamento entre uma usina de reciclagem de RCC e núcleos populacionais foi fornecida pela Técnica da CETESB – Regional Araçatuba através de um (01) contato telefônico;
- Os valores de terrenos localizados nas zonas favoráveis à implantação da usina de reciclagem de RCC foram obtidos por pesquisa em endereços eletrônicos de imobiliárias em Araçatuba, em agosto de 2015.

Além disso, esse estudo também contou com informações obtidas por meio de entrevista realizada com o Engenheiro Ambiental Renan Bazzo, que trabalhou em uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil instalada no município de Tupã, São Paulo.

#### 4.3.2. Fonte de Dados Secundários

Como para a elaboração desse estudo não foi possível coletar dados diretamente do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Demolição de Araçatuba, em razão do mesmo encontrar-se em elaboração pela Secretaria de Meio Ambiente do município na época da pesquisa, utilizou-se apenas

das informações do Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS) de Araçatuba disponibilizado por Araçatuba (2014).

A gestão dos RCC no município foi levantada a partir dos resultados do PMGIRS (ARAÇATUBA, 2014). Deste Plano também foram identificadas as medidas mitigadoras propostas para a melhoria do gerenciamento desses resíduos no município. A partir do PMGIRS, identificou-se também a estimativa de coleta média diária de RCC no município (ARAÇATUBA, 2014).

Pela dificuldade de se levantar os custos de implantação, operação e manutenção de uma usina de reciclagem de RCC, para esse estudo utilizou-se dos dados disponibilizados nos trabalhos técnicos de Cardoso (2011), Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2012) e Cunha e Miceli (2013). Tais dados foram corrigidos pela inflação efetiva, medida pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) em percentual, a saber:

TABELA 3. ÍNDICE NACIONAL DE PREÇOS AO CONSUMIDOR AMPLO (IPCA)

| Anos     | 2013 | 2014 | 2015 (até agosto) |
|----------|------|------|-------------------|
| IPCA (%) | 5,91 | 6,41 | 5,81              |

FONTE: BANCO CENTRAL DO BRASIL (2015)

As despesas pré-operacionais foram estimadas com base no valor apresentado por SEBRAE (2012) para empresa de pequeno porte e corrigido pela inflação.

As estimativas de custos de aquisição dos principais equipamentos, bem como custos operação e manutenção, foram baseadas no trabalho de Cunha e Micheli (2013) para uma planta fixa de 50 t/h. Tais custos foram convertidos para uma planta fixa de 40 t/h. Os valores resultantes das conversões também foram corrigidos pelo IPCA.

A contribuição de esgoto por mês foi estimada com base na NBR 7229 (ABNT, 1982) para fábricas em geral, ou seja, 70% do consumo de água torna-se esgoto.

O cálculo da depreciação desse estudo baseou-se no método linear de depreciação do valor inicial de cada investimento durante sua vida útil. Nesse trabalho não se considerou o valor residual dos bens móveis e imóveis.

Para identificar regiões potenciais à instalação da usina de reciclagem de RCC e um local específico, considerou-se: a) Plano Diretor do município



(ARAÇATUBA, 2006); b) os critérios de localização fixados pela NBR 15114 (ABNT, 2004b); c) pesquisa no Google *Earth* (2015) referente à proximidade do local de instalação da usina com a atual área de disposição final inadequada dos RCC em Araçatuba, localizada no Bairro Chácaras Arco-Íris.

As médias percentuais adotadas nesse estudo para estimar os volumes de RCC Classe A que serão convertidos em produtos (agregados reciclados), rejeitos ou outros materiais recicláveis (metal) foram obtidas através do estudo de Cunha e Miceli (2013), referente ao percentual de concreto e de cerâmica que são transformados em cada produto ou rejeitados em um circuito emergente. Para a conversão de toneladas em metros cúbicos, considerou-se a massa específica de  $1,2 \text{ t/m}^3$  (MMA, 2010).

#### 4.3. ANÁLISE DE INVESTIMENTO

A análise de investimento da usina de reciclagem de resíduos da construção civil foi realizada com base no modelo do fluxo de caixa descontado.

##### 4.3.1. Formação do Fluxo de Caixa

Para a realização desse trabalho, adotou-se um horizonte de planejamento de 10 anos, de 2015 a 2025.

O fluxo de caixa foi dividido em duas etapas, a saber: saídas e entradas.

- Saídas de caixa

Nesse estudo, adotou-se como capital de giro 15% dos custos variáveis de operação, de acordo com a estimativa de Jadovski (2005) para uma empresa de coleta e reciclagem de resíduos sólidos da construção civil.

- Entradas de caixa

As entradas do fluxo de caixa desse estudo são:

- a) Receita bruta obtida pela venda dos produtos /agregados recicláveis (Produto 1);
- b) Receita bruta recebida pela venda dos metais ferrosos (Produto 2);
- c) Retorno do capital de giro ao final de 10 anos.

#### 4.3.2. Métodos de Análise de Investimentos

- Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL pode ser obtido pela equação de Rezende e Oliveira (2001 apud TIMOFEICZYK JUNIOR, 2004), a saber:

$$VPL = \sum_{j=0}^n RJ(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n CJ(1+i)^{-j}$$

Onde:

Rj = Receita do período de tempo j considerado;

CJ = Custos do período de tempo j considerado;

n = Duração do projeto em anos ou em número de períodos de tempo.

i = Taxa anual de juro, expressa de forma decimal.

Desta forma, se for obtido VPL maior ou igual a zero, o projeto é viável economicamente. Quanto maior o VPL, mais atrativo é o projeto. Ao contrário, se o VPL for negativo, o projeto será economicamente inviável (TIMOFEICZYK JUNIOR, 2013).

- Taxa Interna de Retorno (TIR)

De acordo com Rezende e Oliveira (2001 apud TIMOFEICZYK JUNIOR, 2004), a TIR pode ser obtida através da equação 2:

$$TIR = \sum_{j=0}^n RJ(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n CJ(1+i)^{-j} = 0$$

Onde:

Rj = Receita do período de tempo j considerado;

CJ = Custos do período de tempo j considerado;

n = Duração do projeto em anos ou em número de períodos de tempo.

i = Taxa anual de juro, expressa de forma decimal.

Nesse caso, a TIR é a taxa de desconto que iguala o VPL do projeto a zero. A aceitação de um projeto avaliado por esse critério, no sentido de ser economicamente viável, ocorrerá se sua TIR for superior a uma taxa de desconto

correspondente à taxa de remuneração alternativa do capital, denominada Taxa Mínima de Atratividade (TIMOFEICZYK JUNIOR, 2013).

- Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Nesse estudo considerou-se a taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custodia (SELIC) de 14,25% e descontou-se a inflação de 9,49% (acumulada 12 meses) para definir a TMA. Assim, estabeleceu-se a TMA real de 4,76% ao ano para descontar os valores do fluxo de caixa.

#### 4.3.3. Definição da Análise de Sensibilidade

Nesse estudo, a análise de sensibilidade considerou dois cenários com alterações no investimento inicial e nos preços dos produtos acabado para visualizar os impactos dos mesmos no fluxo de caixa, a saber:

- Cenário A:
  - Sem investimento em retroescavadeira e caminhão basculante.

Nesse caso, sem investimento inicial em máquinas, a opção é pela locação das mesmas, sendo os custos de manutenção de responsabilidade do proprietário, conforme pesquisa de mercado (BRUNO, 2015). Os valores de locação e custo previsto de manutenção são apresentados a seguir. Para a locação optou-se pela pá carregadeira, visto seu valor de aluguel apresentar-se bem inferior ao da retroescavadeira. Os custos de manutenção incluem: troca de óleo e filtro, lubrificantes, diesel, filtros de ar primário e secundário.

- Cenário B:
  - Aumento de 10% nos preços dos produtos acabado.

Adotou-se a alteração dos preços dos produtos, pois este é um dos componentes mais comuns para se variar na análise de sensibilidade, de acordo com Timofeiczky Junior (2013). O aumento foi adotado “tendo em vista a crescente demanda pelos reciclados dos agregados da construção civil, principalmente após o

marco legal de 2010 com a Política Nacional dos Resíduos Sólidos”, segundo Cunha e Miceli (2013, p. 16).

Paschoalin Filho et.al. (2015), ao comparar os agregados reciclados com os naturais, perceberam que os aqueles apresentaram preços por m<sup>3</sup> bem menores que estes, com uma diferença de aproximadamente 62%. Stevenato (2005) apud Paschoalin Filho et al. (2015) constatou em sua pesquisa que os agregados reciclados em Usina de Reciclagem de Entulho na cidade de Bauru/SP, apresentaram custo por m<sup>3</sup> em média 40,5% inferior aos custos de agregados naturais moídos advindos de jazidas. De acordo com o autor, esta tendência pode se tornar ainda maior em função das crescentes dificuldades de extração de areias e pedras britadas.

Para os dois cenários, admitiu-se como premissa que todos os preços e custos serão iguais no horizonte de planejamento. Nesse caso, não é necessário levar em consideração a inflação (TIMOFEICZYK JUNIOR, 2013).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. LEVANTAMENTO DA GESTÃO DOS RCC EM ARAÇATUBA/SP

De acordo com o Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS) de Araçatuba (2014), para a gestão dos RCC o pequeno gerador foi definido como aquele que gera até 1,00 m<sup>3</sup> (cerca de 10 sacos de 100 litros) e acima deste volume, define-se o grande gerador.

Os pequenos geradores de RCC costumam acondicionar estes materiais em frente de suas residências, no chão ou dentro de sacos plásticos. Os resíduos são coletados e transportados por carroceiros (carga de cerca de 0,30 m<sup>3</sup>) para dois Ecopontos instalados na cidade; em algumas ocasiões também se constatou a locação de caçambas (ARAÇATUBA, 2014).

Os Ecopontos são opções viabilizadas para evitar os descartes irregulares e inadequados de RCC sobre vias, logradouros públicos, terrenos baldios, margens de recursos hídricos e áreas verdes no município.

Ainda assim, parte dos carroceiros (que transporta os resíduos para os pequenos geradores) dispõe irregularmente os RCC em vários pontos da cidade, em terrenos particulares e vias públicas, em decorrência da distância a ser percorrida pelo animal. Cinco locais destacam-se por receber o maior volume de entulho, nestes os resíduos são recolhidos semanalmente e em outros, de forma eventual. A limpeza é realizada pelo Departamento de Limpeza Pública, da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos, e por uma empresa terceirizada pela Prefeitura Municipal que também é responsável pela limpeza dos dois Ecopontos (ARAÇATUBA, 2014).

Os grandes geradores alugam caçambas (com capacidade média de 4,00 m<sup>3</sup>) de empresas particulares e estas fazem o transporte dos resíduos em caminhões poli-guindastes até a área provisoriamente liberada de forma irregular pela Prefeitura para esta finalidade (ARAÇATUBA, 2014). Esses grandes geradores não possuem áreas de transbordo para deposição temporária de tais resíduos.

A FIGURA 3 apresenta o fluxograma que resume as formas de gerenciamento de RCC presentes no município de Araçatuba.

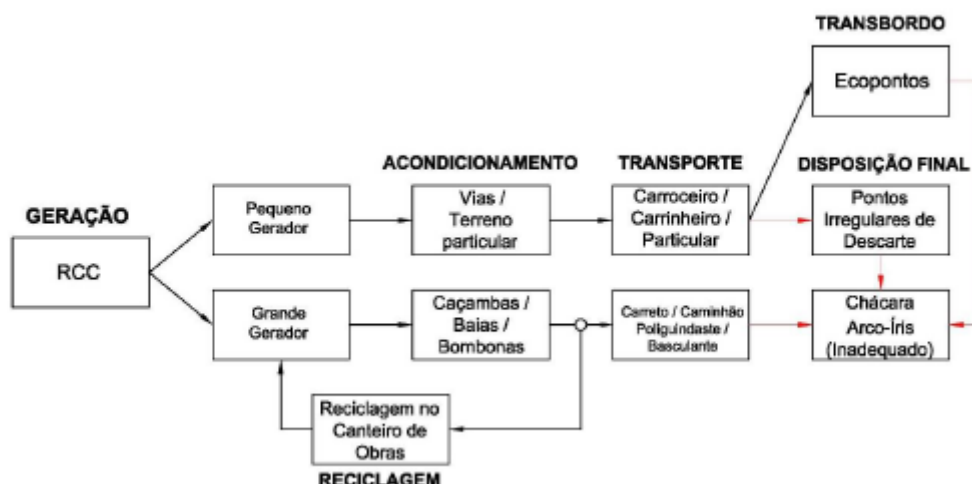


FIGURA 3. FLUXOGRAMA DO GERENCIAMENTO DOS RCC EM ARAÇATUBA  
FONTE: ARAÇATUBA (2014).

De acordo com o PMGIRS de Araçatuba (2014), não existem usinas de triagem, reutilização e reciclagem dos resíduos da construção civil de responsabilidade do setor público no município. Apenas foi identificada a solicitação, por parte da iniciativa privada, de licença ambiental junto à CETESB para a implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção civil em área particular no município. Além disso, foram identificadas iniciativas dentro do canteiro de obras direcionadas à reutilização dos resíduos.

A disposição final dos RCC em Araçatuba ocorre de maneira irregular, conforme fora mencionado. Os resíduos gerados pelo município e pelas empresas privadas coletados dos Ecopontos e de terrenos baldios são dispostos na área denominada Chácara Arco Íris, que funciona irregularmente desde 2003. Esse local está em processo de encerramento, prevendo-se sua recuperação ambiental (ARAÇATUBA, 2014).

Neste contexto, de acordo com o PMGIRS de Araçatuba, de 2014, as principais carências do gerenciamento dos RCC são:

- Disposição irregular de RCC em áreas dispersas do município;
- Inexistência de áreas de transbordo para grandes geradores;
- Inexistência de área adequada (licenciada) para disposição final de rejeitos de RCC;
- Inexistência de iniciativas públicas para implantação de usinas e reciclagem de RCC;
- Inexistência de iniciativas de educação ambiental que orientem as formas adequadas de deposição de RCC nas caçambas e ecopontos, evitando assim a contaminação dos RCC por outros tipos de resíduos;

- Inexistência de fichas de Controle de Transporte de Resíduos – CTRs, a fim de identificar quantidade, qualidade, ponto de geração, responsável pela geração dos RCC e empresa/carroceiro responsável pelo transporte de tais resíduos;
- Existência de poucos Ecopontos espalhados pelo município, que atendem pequena parcela da população, dificultando a deposição/disposição final correta dos RCC. (ARAÇATUBA, 2014, p. 164)

## 5.2. IDENTIFICAÇÃO DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS PROPOSTAS NO PMGIRS

Com base nos dados obtidos no diagnóstico e nas projeções futuras de expansão urbana de Araçatuba, o PMGIRS de Araçatuba, de 2014, propôs medidas estruturais<sup>5</sup> preventivas para minimizar os impactos ambientais e sociais decorrentes da geração e disposição inadequada dos resíduos da construção civil, a saber:

- 1ª Medida preventiva proposta: instalação de novos ecopontos de RCC, de modo a colaborar com a destinação adequada de resíduos e com a conservação de antigas áreas de descarte clandestino, que por sua vez, favorecerá a recuperação desses espaços tanto no aspecto paisagístico quanto ambiental.
- 2ª Medida preventiva proposta: implantação de uma área até o ano de 2017 e outra até 2029, de transbordo, triagem e beneficiamento de resíduos de construção civil sob responsabilidade do município, que no caso são os produzidos pelos pequenos geradores e resultantes de atividades e obras públicas. Os grandes geradores poderão ou não destinar seus RCC para essa área de triagem e beneficiamento.
- 3ª Medida preventiva proposta: implantação de aterro de rejeitos de construção civil – Classe A e rejeitos inertes, com caráter de armazenamento provisório, ou seja, com reservação ambientalmente adequada para usos futuros, como de regularização topográfica ou potencial jazida futura de material para utilização em obras civis, de modo que possam ser extraídos futuramente através do processo de “remineração” ou *mining*. Os materiais que deverão ser dispostos só poderão ser aqueles enquadrados como rejeitos de RCC, os quais previamente devem passar pela triagem, no próprio local ou não.

---

<sup>5</sup>As medidas estruturais são aquelas compostas por obras civis de infraestrutura e que demandam equipamentos e maquinários para o melhor gerenciamento dos resíduos sólidos.

Portanto, segundo o PMGIRS, “é urgente a necessidade de implantação de uma área licenciada de reservação de RCC Classe A (concreto, argamassa, cerâmica e solos), com prévia triagem de RCC” (ARAÇATUBA, 2014, p. 50).

### 5.3. ESTIMATIVA DE GERAÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS RCC RECICLÁVEIS

No que se refere à composição dos RCC, Geotech (2007 apud ARAÇATUBA, 2014) estima que de 65% a 80% dos RCC são constituídos de materiais de Classe A, materiais estes classificados como nobres, que podem ser reciclados ou beneficiados e reaproveitados como agregados em obras de construção civil. Os resíduos de Classe B e C correspondem em média a cerca de 20 a 35% dos RCC, e os resíduos de Classe D representa percentual inferior a 1% (SINDUSCON-MG, 2005 apud ARAÇATUBA, 2014).

Desta forma, ao considerar a coleta média diária de 380,33 toneladas de RCC e que, destas, 72,50% (média entre 65% a 80%) constituem-se em materiais Classe A, estimou-se o volume médio de RCC coletado no município por composição, conforme a TABELA 4:

TABELA 4. ESTIMATIVA DE COLETA MÉDIA DE RCC POR CLASSIFICAÇÃO

| <b>Classe</b> | <b>Toneladas (média/dia)</b> | <b>%</b> |
|---------------|------------------------------|----------|
| Classe A      | 276,00                       | 72,57    |
| Classe B e C  | 100,53                       | 26,43    |
| Classe D      | 3,80                         | 1,00     |
| Total         | 380,33                       | 100,00   |

FONTE: ARAÇATUBA (2014).

Como os valores disponibilizados para análise são médios e estimados, para facilitar os cálculos deste estudo adotou-se a geração de 280,00 toneladas por dia de RCC Classe A no município.

### 5.4. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DA USINA DE RECICLAGEM

A proposta para o município de Araçatuba é uma planta fixa emergente de reciclagem de RCC Classe A, com capacidade de 40,00 toneladas por hora (320,00 toneladas por dia). Essa planta trabalhará durante 8 horas por dia, 21 dias



por mês (de segunda a sexta-feira), de modo a processar aproximadamente 87% de sua capacidade instalada por hora, ou seja, no máximo 280,00 toneladas por dia (equivalente a 70.560,00 toneladas por ano). Os prováveis produtos da usina são rachão, brita corrida, areia reciclada e brita reciclada. Além disso, considerou-se a comercialização dos metais separados pelo eletroímã.

Assim, para facilitar a análise, a empresa trabalhará com dois produtos, ou seja, o Produto 1, configurado após separação e trituração como agregado, e o Produto 2, após a separação dos metais, que serão armazenados e vendidos.

#### 5.4.1 Local Recomendado de Instalação da Usina de Reciclagem

O local recomendado para a instalação da usina de reciclagem encontra-se na Zona de Ocupação Controlada Urbana (Zona 3) de Araçatuba, próximo à atual área de disposição dos RCC e distante de concentrações urbanas. A Zona 3 é composta, além de outros usos, pela presença de áreas de uso industrial e faz divisa com a Zona 4, a qual compreende áreas (com características rurais) com grande potencial de desenvolvimento em âmbito regional e com fortes tendências para a expansão urbana.

O terreno localiza-se na Rua Deícola Fernandes Vieira, no Jardim do Trevo, no município de Araçatuba, São Paulo. As coordenadas UTM: E 554.970; N 7.660.840; Meridiano Central: -51 /Fuso 22. O acesso ao local pode ser feito pela Rodovia Dr. Elyeser Montenegro Magalhães (SP 463) e pela via de acesso urbano Etelvino Ferreira dos Santos.



FIGURA 4. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA PROPOSTA  
FONTE: GOOGLE EARTH (2015).

#### 5.4.2 Levantamento dos Custos da Usina

Os valores estimados de custos de implantação, operação e manutenção da usina de reciclagem proposta são apresentados a seguir.

- Despesas pré-operacionais:

As despesas pré-operacionais foram estimadas em R\$ 35.7730,99.

- Custo de aquisição e instalação de equipamentos:

TABELA 5. ESTIMATIVA DE CUSTOS DE AQUISIÇÃO DE EQUIPAMENTOS

| Dados                        |  | Planta Fixa                      |             |
|------------------------------|--|----------------------------------|-------------|
| <b>Capacidade (t/h)</b>      |  | <b>40</b>                        |             |
| <b>Produção (t/ano)</b>      |  | <b>70.560,00</b>                 |             |
| Processos envolvidos         |  | Catação, britagem e peneiramento |             |
| Investimento Inicial         |  |                                  |             |
| Equipamentos Envolvidos      |  | Quantidade                       | Valor (R\$) |
| Alimentador Principal (40 t) |  | 01                               | 225.184,84  |

|                               |    |              |
|-------------------------------|----|--------------|
| Esteira de Catação            | 01 | 90.073,94    |
| Separador Magnético           | 01 | 135.110,91   |
| Peneiras 03 decks (Screeners) | 01 | 135.110,91   |
| Britador de mandíbula (40t)   | 01 | 342.280,96   |
| Outros equipamentos           | -  | 162.133,09   |
| Total                         | -  | 1.089.894,64 |

FONTE: CUNHA E MICHELI (2013).

- Custo de aquisição de máquina e veículo próprio:

TABELA 6. ESTIMATIVA DE VALORES DE MÁQUINAS E VEÍCULOS

| Descrição                              | Quantidade | Valores (R\$) |
|----------------------------------------|------------|---------------|
| Retroescavadeira 310 k John Deere      | 01         | 164.384,93    |
| Caminhão basculante Mercedes Benz 3131 | 01         | 240.926,00    |
| Total                                  | -          | 405.310,93    |

FONTE: DADOS DE PESQUISA (2015).

- Custo de aquisição do terreno:

TABELA 7. ESTIMATIVAS DE ÁREA E VALOR

| Capacidade de Produção (t/h) | Área Requerida (m²) | Valor do m² (R\$)    | Valor estimado do terreno (R\$) |
|------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------------------|
| 40                           | 6.500               | 55,00 <sup>(1)</sup> | 357.500,00                      |

FONTE: JADOVSKI (2005) apud CARDOSO (2011); DADOS DE PESQUISA (2015).

- Custo de obras civis:

TABELA 8. ESTIMATIVAS DE CUSTOS DE OBRAS CIVIS

| Atividades                                                              | Valor (%) | Custo estimado dos Principais Equipamentos (R\$) | Total estimado (R\$) |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------|----------------------|
| Terraplanagem, contenções, obras civis e construção da barreira vegetal | 17        | 927.761,55                                       | 157.719,46           |

FONTE: CARDOSO (2011).

- Custo de Operação e Manutenção

TABELA 9. ESTIMATIVAS DE CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

| Custos                      | Planta fixa de 40 t/h |          |               |
|-----------------------------|-----------------------|----------|---------------|
| Operação                    |                       |          |               |
| Fixos                       | Quant.                | R\$      | Valor R\$/mês |
| Mão de obra Qualificada     | 3                     | 3.377,77 | 10.133,32     |
| Mão de obra Não qualificada | 8                     | 1.351,11 | 10.808,87     |

|                     |         |          |               |
|---------------------|---------|----------|---------------|
| Gerente             | 1       | 5.629,62 | 5.629,62      |
| Subtotal            | -       | -        | 26.571,81     |
| Variáveis           | mês     | R\$      | Valor R\$/mês |
| Energia (KWh)       | 120.000 | 0,37     | 44.464,80     |
| Água (tarifa/m³)    | 2.880   | 10,37    | 29.865,60     |
| Rejeitos (t)        | 4.800   | 0,34     | 1.632,00      |
| Esgoto (tarifa/m³)  | 2.016   | 8,3      | 16.732,80     |
| Outros              | -       | -        | 12.000,00     |
| Subtotal            | -       | -        | 104.695,20    |
| Manutenção/Desgaste | -       | -        | 6.400,00      |
| Total               |         |          | 131.267,01    |

FONTE: CUNHA E MICELI (2013); ANEEL (2015); SAMAR (2015).

- Depreciação

TABELA 10. VIDA ÚTIL E TAXAS DE DEPRECIAÇÃO

| Depreciação         | Vida Útil (anos) | Taxa anual (%) |
|---------------------|------------------|----------------|
| Equipamentos        | 10               | 10             |
| Retroescavadeira    | 10               | 10             |
| Caminhão basculante | 05               | 20             |
| Infraestrutura      | 25               | 20             |

FONTE: TIMOFEICZYK JUNIOR (2013)

- Locação de Veículo e Máquina

TABELA 11. VALORES DE LOCAÇÃO

| Descrição           | Locação (R\$/mês) | Custo de manutenção – R\$/250h trabalhadas <sup>6</sup> |
|---------------------|-------------------|---------------------------------------------------------|
| Retroescavadeira    | 18.000,00         | 900,00                                                  |
| Pá carregadeira     | 10.000,00         | 900,00                                                  |
| Caminhão basculante | 9.000,00          | 900,00                                                  |

FONTE: DADOS DA PESQUISA (2015).

<sup>6</sup> Os Custo de manutenção a cada 250 horas trabalhadas equivale a cerca de 8 (oito) manutenções anual para o projeto proposto nesse estudo, considerando 8 horas por dia de trabalho, 21 dias por mês, resultando em 2.016 horas trabalhadas por ano.

### 5.4.3 Geração do Produto 1 e Produto 2

A geração estimada dos produtos ou agregados reciclados (Produto 1) e do subproduto metal (Produto 2) é apresentada na tabela a seguir.

TABELA 12. ESTIMATIVAS DE GERAÇÃO DOS PRODUTOS E SUBPRODUTO

| <b>Produtos</b> | <b>Média (%)</b> | <b>Produtos de RCC Classe A (t/dia) de Araçatuba</b> | <b>Produtos de RCC Classe A (m³/dia) de Araçatuba</b> |
|-----------------|------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Rachão          | 7                | 18,20                                                | 15,17                                                 |
| Brita Corrida   | 7                | 18,20                                                | 15,17                                                 |
| Brita Reciclada | 32               | 88,20                                                | 73,50                                                 |
| Areia Reciclada | 50               | 140,00                                               | 116,67                                                |
| Metal           | 4                | 9,80                                                 | 8,17                                                  |
| Rejeitos        | 2                | 5,60                                                 | 4,67                                                  |
| Total           | 100              | 280,00                                               | 233,33                                                |

FONTE: CUNHA E MICELI (2013); MMA (2010).

### 5.4.4 Preços do Produto 1 e Produto 2

Os preços estimados de comercialização dos agregados reciclados (Produto 1) são apresentados a seguir. O valor de comercialização dos metais (Produto 2) foi considerado em R\$ 550,00 por tonelada.

TABELA 13. PREÇOS MÉDIOS DE COMERCIALIZAÇÃO DOS PRODUTOS

| <b>Produtos 1<br/>(agregados reciclados)</b> | <b>Preço médio (R\$)</b> |
|----------------------------------------------|--------------------------|
| Areia Reciclada (R\$/m³)                     | 33,33                    |
| Brita corrida reciclada (R\$/m³)             | 31,00                    |
| Rachão reciclado (R\$/m³)                    | 31,67                    |
| Brita reciclada (R\$/m³)                     | 30,00                    |

FONTE: DADOS DA PESQUISA (2015).

## 5.5. VIABILIDADE DA USINA DE RECICLAGEM DE RCC

A Usina de Reciclagem de RCC Classe A em Araçatuba, com as características relacionadas na TABELA 14, obteve Valor Presente Líquido (VPL) positivo de R\$ 158.831,14 e Taxa Interna de Retorno (TIR) de 6,29% no horizonte de planejamento de 10 anos. Portanto, o investimento é considerado viável do ponto

de vista econômico, pois, apresentou VPL maior que zero e TIR maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), definida em 4,76%. Neste caso, significa que as receitas geradas pela usina serão suficientes para recuperar o valor investido e ainda gerar um lucro de R\$ 158.831,14 sobre a TMA.

O fluxo de caixa completo da Usina de Reciclagem de RCC Classe A é apresentado em ANEXO 1.

TABELA 14. DADOS DO PROJETO INICIAL

|                                     |                           |
|-------------------------------------|---------------------------|
| <b>Planta Fixa</b>                  |                           |
| <b>Capacidade de 40 t/h</b>         | <b>R\$</b>                |
| <b>Despesas pré-operacionais</b>    | <b>(35.773,99)</b>        |
| <b>Investimento/re-investimento</b> |                           |
| Equipamentos                        | (1.089.894,64)            |
| Máquinas e Veículos                 | (646.236,93) <sup>7</sup> |
| Terreno                             | (357.500,00)              |
| Obras civis                         | (157.719,46)              |
| Capital de giro                     | (16.664,28)               |
| <b>Total</b>                        | <b>(2.027.089,31)</b>     |
| <b>Investimento Inicial Total</b>   | <b>(2.062.863,30)</b>     |
| <b>Custo Fixo Anual</b>             |                           |
| Salários e encargos sociais         | (318.861,74)              |
| Depreciação                         | (179.921,94)              |
| <b>Custo Fixo Total</b>             | <b>(498.783,67)</b>       |
| <b>Custo Variável Anual</b>         |                           |
| Energia (KWh)                       | (533.577,60)              |
| Água (tarifa/m³)                    | (358.387,20)              |
| Rejeitos (t)                        | (19.584,00)               |
| Esgoto                              | (200.793,60)              |
| Outros                              | (144.000,00)              |
| Manutenção/Desgaste                 | (76.800,00)               |
| Impostos                            | (503.549,96)              |
| <b>Custo Variável Total</b>         | <b>(1.836.692,36)</b>     |
| <b>Receita Anual (venda)</b>        | <b>2.454.312,00</b>       |

FONTE: DADOS DA PESQUISA (2015).

<sup>7</sup> O valor de máquinas e veículos refere-se a soma do investimento inicial nos mesmos e do re-investimento de R\$ 240.926,00 em caminhão no sexto ano do horizonte de planejamento.

### 5.5.1. Análise de Sensibilidade

- Cenário A: Sem investimento em retroescavadeira e caminhão basculante.

Neste cenário considerou-se que não haverá investimento inicial em retroescavadeira e caminhão basculante, mantendo-se todo o restante inalterado.

Assim, a opção é pela locação dos maquinários, cujos custos de manutenção serão de responsabilidade do proprietário, conforme pesquisa de mercado.

Como resultado, esse cenário aumentou os custos de produção, porém excluiu o re-investimento em caminhão no sexto ano do fluxo de caixa. Também reduziu os custos gerais de manutenção da empresa, vistos os custos com manutenção pertencerem ao proprietário. Entretanto, reduziu o valor de depreciação e aumentou os impostos.

Deste modo, o Cenário A não é considerado viável do ponto de vista econômico, visto que obteve VPL negativo de R\$ -1.047.909,74 e TIR negativa de -10,31% para o período de 10 anos.

- Cenário B: Aumento dos preços dos produtos acabados

Como resultado, esse cenário aumentou a receita bruta total e, conseqüentemente, os impostos. Portanto, o Cenário B possui viabilidade econômica, seu VPL é de R\$ 1.225.230,11 e TIR de 15,57 % no horizonte de planejamento de 10 anos.

A TABELA 15 apresenta os dados dos cenários A e B para a formação do Fluxo de Caixa de cada um deles.

TABELA 15. DADOS DOS CENÁRIOS

| <b>Planta Fixa</b>                  | <b>Cenário A</b>   | <b>Cenário B</b>            |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| <b>Capacidade de 40 t/h</b>         | <b>R\$</b>         | <b>R\$</b>                  |
| <b>Despesas pré-operacionais</b>    | <b>(35.773,99)</b> | <b>(35.773,99)</b>          |
| <b>Investimento/re-investimento</b> |                    |                             |
| Equipamentos                        | (1.089.894,64)     | (1.089.894,64)              |
| Máquinas                            |                    | (646.236,93) <sup>(1)</sup> |
| Terreno                             | (357.500,00)       | (357.500,00)                |
| Obras civis                         | (157.719,46)       | (157.719,46)                |
| Capital de giro                     | (19.334,28)        | (16.664,28)                 |

|                                   |                       |                       |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Total</b>                      | <b>(1.624.448,38)</b> | <b>(2.027.089,31)</b> |
| <b>Investimento Inicial Total</b> | <b>(1.660.222,37)</b> | <b>(2.062.863,30)</b> |
| <b>Custo Fixo Anual</b>           |                       |                       |
| Salários e encargos sociais       | (318.861,74)          | (318.861,74)          |
| Depreciação                       | (115.298,24)          | (179.921,94)          |
| <b>Custo Fixo Total</b>           | <b>(434.159,98)</b>   | <b>(498.783,67)</b>   |
| <b>Custo Variável Anual</b>       |                       |                       |
| Energia (KWh)                     | (533.577,60)          | (533.577,60)          |
| Água (tarifa/m³)                  | (358.387,20)          | (358.387,20)          |
| Rejeitos (t)                      | (19.584,00)           | (19.584,00)           |
| Esgoto                            | (200.793,60)          | (200.793,60)          |
| Outros                            | (144.000,00)          | (144.000,00)          |
| Locação de maquinários            | (228.000,00)          | -                     |
| Manutenção/Desgaste               | (62.400,00)           | (76.800,00)           |
| Impostos                          | (517.857,65)          | (544.568,60)          |
| <b>Custo Variável Total</b>       | <b>(2.064.600,05)</b> | <b>(1.877.711,00)</b> |
| <b>Receita Anual (venda)</b>      | <b>2.629.620,00</b>   | <b>2.631.829,20</b>   |

FONTE: DADOS DA PESQUISA (2015).

A TABELA 16 apresenta o resumo dos resultados obtidos da análise de investimentos para os três casos.

TABELA 16. RESULTADOS DAS ANÁLISES DE INVESTIMENTO

| <b>Métodos de análise</b> | <b>Projetos</b> |                   |                  |
|---------------------------|-----------------|-------------------|------------------|
|                           | <b>Inicial</b>  | <b>Cenário A</b>  | <b>Cenário B</b> |
| VPL                       | R\$ 158.831,14  | R\$ -1.047.909,74 | R\$ 1.225.230,11 |
| TIR                       | 6,29%           | -10,31%           | 15,57%           |
| TMA real                  | 4,76%           | 4,76%             | 4,76%            |



## 6. CONCLUSÕES

A gestão dos RCC em Araçatuba, identificada através dos resultados do PMGIRS do município, apresentou diferentes carências, como disposição final dos resíduos em uma área não licenciada; despejos em terrenos baldios em vários pontos da área urbana do município; inexistência de áreas de transbordo para grandes geradores; inexistência de iniciativas públicas para implantação de usinas e reciclagem de RCC; inexistência de iniciativas de educação ambiental; inexistência de controle de transporte de resíduos; e poucos Ecopontos existentes no município.

Foram identificadas as medidas mitigadoras estruturais propostas no PMGIRS para minimizar os impactos ambientais e sociais decorrentes da geração e disposição inadequada dos RCC, a saber: instalação de novos ecopontos; implantação de duas áreas de transbordo, triagem e beneficiamento de RCC; e implantação de aterro de rejeitos de construção civil – Classe A e rejeitos inertes, com caráter de armazenamento provisório (para futuros usos).

Na análise do PMGIRS de Araçatuba identificou-se a coleta média diária de 380,33 toneladas por dia de RCC. Desse volume, o PMGIRS estimou que de 65% a 80% são RCC Classe A, materiais passíveis de reciclagem. Para esse trabalho, adotou-se a geração diária de 280,00 toneladas de RCC Classe A.

O pré-dimensionamento da usina de reciclagem de RCC Classe A foi definido para um projeto com capacidade de 40,00 toneladas por hora. Os prováveis produtos da usina são rachão, brita corrida, areia reciclada e brita reciclada, definidos como Produto 1. Também, identificou-se a possibilidade de se comercializar os volumes dos metais triados, definidos como Produto 2. A receita bruta anual pela venda desses produtos foi estimada em R\$ 2.454.312,00.

A viabilidade econômica do projeto foi realizada a partir da utilização do método de análise de investimento VPL e TIR, desconsiderando a inflação. A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) adotada foi uma taxa real de 4,76%.

Os resultados obtidos para a usina de reciclagem de RCC foram VPL de R\$ 158.831,14 e TIR de 6,29%. A análise de sensibilidade adotou dois cenários. O Cenário A, sem o investimento inicial em máquina e caminhão, mantendo-se o restante inalterado, apresentou VPL negativo de R\$ - 1.047.909,74. O Cenário B adotou o aumento dos preços dos produtos, mantendo-se o restante inalterado, e obteve VPL de R\$ 1.225.230,11 e TIR de 15,57%.

Portanto, conclui-se que o projeto proposto é viável é do ponto de vista econômico para o horizonte de planejamento de 10 anos. No entanto, quando se fez a opção pelo aluguel de máquina e caminhão ao invés da aquisição dos mesmos, o projeto tornou-se inviável. De modo diferente, quando se analisou o aumento dos preços dos produtos acabados em 10% dos propostos inicialmente, o projeto apresentou-se 671,4% mais rentável.

## 6.1 RECOMENDAÇÕES

Estudos futuros deveriam ser realizados no sentido de integrar esta pesquisa, visando o estudo de viabilidade para empresas públicas e privadas e investimento em capital próprio e financiamento. Outras análises poderiam ser testadas como, por exemplo, a concessão de terreno pela prefeitura municipal, incentivos fiscais e subsídios para a gestão adequada dos resíduos da construção civil, como proposto na Política dos Resíduos Sólidos.

Recomenda-se a realização das pesquisas, a saber:

- Análise detalhada dos resultados do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Demolição de Araçatuba.
- Análise gravimétrica dos RCC coletados.
- Análise da viabilidade da cobrança de uma taxa aos geradores pelo depósito dos resíduos na usina.
- Análise detalhada do local de instalação e seu licenciamento ambiental.
- Estudo de mercado para comercialização dos agregados reciclados.
- Avaliação da inclusão de RCC gerados nos municípios do entorno de Araçatuba, como Birigui e Penápolis.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Tarifas médias (R\$/MWh) por classes de consumo e por regiões geográficas do Brasil – mensal e anual a partir de 2003.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=550>>. Acesso em: 22/09/2015.

AMARAL, R. **As contribuições da pesquisa científica na formação acadêmica.** Identidade Científica, Presidente Prudente-SP, v. 1, n. 1, p. 64-74, jan./jun. 2010. Disponível em: <[file:///C:/Documents%20and%20Settings/acarolina.PROJEC/Desktop/Res%C3%ADduos/Amaral\\_2010.pdf](file:///C:/Documents%20and%20Settings/acarolina.PROJEC/Desktop/Res%C3%ADduos/Amaral_2010.pdf)>. Acesso em: 10/07/2015.

ARAÇATUBA (Município). Lei Complementar n. 168, de 6 de outubro de 2006. **Institui o Plano Diretor do Município de Araçatuba.** Disponível em: <<http://www.camaraaracatuba.com.br/site/legislacao/legislacao.asp>>. Acesso em 28 de maio de 2015.

ARAÇATUBA (Município). Lei nº 7.676, de 12 de novembro de 2014. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Araçatuba.** Disponível em: <<http://www.camaraaracatuba.com.br/site/legislacao/legislacao.asp>>. Acesso em: 08/05/2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2013.** ABRELPE, 2013. 114 p. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2013.pdf>>. Acesso: 15/04/2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2011.** ABRELPE, 2011. 183 p. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2011.pdf>>. Acesso: 15/04/2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004: resíduos sólidos – classificação.** Rio de Janeiro, 2004a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15114: resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação –.** Rio de Janeiro, 2004b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (ABRECON). **Resíduos Classe A Produção de agregados reciclados.** In: Seminário Resíduos da Construção Civil: Soluções e Oportunidades, Santos, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (ABRECON). **Uso recomendado para agregados reciclados.** Disponível em: <<http://www.abrecon.org.br/Conteudo/8/Aplicacao.aspx>>. Acesso em: 18/05/2015.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Indicadores de conjuntura:** indicadores econômicos consolidados - IPCA – núcleos. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/?INDECO>>. Acesso em 28 de maio de 2015.

BRASIL. CONAMA. Resolução n. 1, de 23 de janeiro de 1986. **Diário Oficial [da] da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, Seção 1, p. 2548-2549, 17 fev. 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 24/04/ 2015.

BRASIL. CONAMA. Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. **Diário Oficial [da] da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 136, p. 95-96, 17 set. 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 24/04/ 2015.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Diário Oficial [da] da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, Seção 1, p. 3-7, 03 out. 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 05/05/2015.

BRASIL. Ministério das Cidades. Ministério do Meio Ambiente. **Área de manejo de resíduos da construção e resíduos volumosos:** orientação para o seu licenciamento e aplicação da Resolução Conama 307/2002. 2005b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos.** Brasília: MMA, 2012. Disponível em: <[http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS\\_Revisao\\_Decreto\\_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657](http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657)>. Acesso em: 06/03/2015.

BRUNO. **Preço de aluguel de máquinas.** Araçatuba, 26 out. 2015. Comunicação Verbal.

CAIRNS, R.; DI NIRO, G., DOLARA, E. The use of RAC in prefabrication. In: DHIR, R. K.; HENDERSON, N. A.; LIMBACHIYA, M. C. (Eds.) **Sustainable construction: use of recycled concrete aggregate.** London: Thomas Telford Pub, 1998, p. 371-379.

CARDOSO, A. C. F. **Estimativa de Geração de Resíduos da Construção Civil nos Municípios de Criciúma e Içara e Estudo de Viabilidade de Usinas de Triagem e Reciclagem.** 107 f. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2011.

CARNEIRO, A. P. Brum. **Características do entulho e do agregado reciclado.** 2001.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2013.** São Paulo: CETESB, 2013. 100p. (Série Relatórios/Secretaria do Estado de Meio Ambiente).

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Informação sobre a distância mínima entre usina de reciclagem de RCC e**

**núcleos populacionais.** CETESB – Agência Regional Araçatuba. Araçatuba, em 14 set. 2015. Comunicação Verbal.

CORRÊA, B. C.; CURSINO, D.; SILVA, G. **Viabilidade de implantação de uma usina de reciclagem da construção civil na cidade de São José dos Campos.** São Paulo. 2009. 6 f.

COSTA, N.; COSTA JR., N.; LUNA, M.; SELIG, P.; ROCHA, J. **Planejamento de programas de reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: uma análise multivariada.** Florianópolis, Santa Catarina, v. 12, n. 4, p. 446-456, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v12n4/a12v12n4.pdf>>. Acesso em: 12/05/2015.

CUNHA, G. N. M.; MICELI, V. M. **Análise da viabilidade econômica de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil a partir de sistemas dinâmicos.** 77 f. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

DEGANI, C. M. **Sistema de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios.** 223p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

DIAS, E. C. M. **Gerenciamento de resíduos na construção civil.** 53 f. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Engenharia Civil com ênfase Ambiental), Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 1997.

ESCMA. **Valor do reciclado: metal.** Araçatuba, 22 set. 2015. Comunicação Verbal.

FÁBRICA DE AÇO PAULISTA – FAÇO. **Manual de Britagem**, 4. ed. São Paulo, 1985.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS (SEADE). **Informações dos Municípios Paulistas – IMP:** Taxa Geométrica de Crescimento Anual da População– 1980/1991, 1991/2000 e 200/2010. Disponível em: <<http://produtos.seade.gov.br/produtos/imp/>>. Acesso em: 21/05/2015.

GALESNE, A.; LAMB, R.; FENSTERSEIFER, J. **Decisões de investimentos da empresa.** São Paulo: Editora Atlas S.A., 1999.

GEOTECH GEOTECNIA AMBIENTAL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA. **Diagnóstico para o Plano de Gerenciamento Regional de Resíduos da Construção Civil e Volumosos dos Municípios de Ferraz de Vasconcelos, Poá e Suzano – SP.** São Paulo: Geotech, 2007.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa.** 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 1991.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GOOGLE EARTH. **Araçatuba**. Estado – São Paulo. Imagem de satélite Digital Globe, 24 set. 2015.

HANSEN, T. C. **Recycling of demolished concrete and masonry**. Londres: E & FN Spon, 1992.

HORNGREN, C. T. **Introdução à contabilidade gerencial**. Rio de Janeiro: Pretice-hall do Brasil, 5 ed., 1985.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável Brasil 2010**. 2010a. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/default\\_2010.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/default_2010.shtm)>. Acesso em: 12/05/2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. 2010b. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=350280&search=sao-paulo|aracatuba>>. Acesso em: 21/05/2015.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil**. Brasília: IPEA, 2012. 42 p. Relatório técnico.

JADOVSKI, I. **Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição**. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos da construção**. In: Seminário – Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares. São Paulo, 2000.

JÚNIOR, N. B. C.(coord). **Cartilha de gerenciamento de resíduos sólidos para a construção civil**. SINDUSCON-MG, 2005. 38p.

KARPINSKI, L. A.; PANDOLFO, A.; REINEHER, R.; GUIMARÃES, J. C. B.; PANDOLFO, L. M.; KUREK, J. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental** [recurso eletrônico]. Porto Alegre: Edipucrs, 2009. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/edipucrs/gestaoderesiduos.pdf>>. Acesso em: 08/05/2015.

KUSTER, E. M. P. **Baudelaire e a construção do novo olhar sobre o espaço urbano**. Territórios e Fronteiras, v. 07, p. 277-286, 2007.

LANGUELL, J. L. **Development of a prototype assessment tool to evaluate the potencial to successfully implement deconstruction as a regional waste**

**reduction strategy.** Ph.D. thesis, Department of Coastal Engineering, University of Florida, 232f. 2001.

MAIA, E. M.; GAIA, A. **Impactos ambientais causados pelos resíduos de construção civil no município de Belém.** 60 f. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade da Amazônia, Belém, 2012.

MANFRINATO, J. W. S.; ESGUÍCERO, F. J.; MARTINS, B.L. **Implementação de usina para reciclagem de resíduos da construção civil (RCC) como ação para o desenvolvimento sustentável – Estudo de Caso.** In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_tn\\_stp\\_077\\_543\\_10843.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_stp_077_543_10843.pdf)>. Acesso em: 10/04/2015.

MARQUES NETO, J. C. **Gestão de resíduos de construção e demolição no Brasil.** São Carlos: RIMA. 2005. 162 p.

MENEZES, M. S; PONTES, F. V. M.; AFONSO, J. C. **Panorama dos Resíduos de Construção e Demolição.** RQI, Edição 733, 4º trimestre, [S.L.], 2011. 21p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Manual para implantação de sistema de gestão de resíduos de construção civil em consórcios públicos.** 125 f. Manual (Gestão Ambiental Urbana no Brasil) – Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2010.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MET). **Perfil do Município: Araçatuba – setor da construção civil.** Disponível em: <[http://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_perfil\\_municipio/index.php](http://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_perfil_municipio/index.php)>. Acesso em: 21/05/2015.

MUELLER, A.; WINKLER, A. Characteristics of processed concrete rubble. In: DHIR, R. K.; HENDERSON, N. A.; LIMBACHIYA, M. C. (Eds.) **Sustainable construction: use of recycled concrete aggregate.** London: Thomas Telford Pub, 1998, p. 109-119.

NORTEC. Responsável Diretor Sr. Artur Granato, São Paulo, abr. 2004. **Informação verbal.**

NUNES, K.R.A.. **Avaliação dos Investimentos nas Usinas de Reciclagem de RCC nos Municípios Brasileiros.** Tese (Doutorado) - Engenharia de Produção - COPPE-RJ 2004.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; FARIA, A. C; PIRES, G. W. M. O. **Custos de implantação de usinas para reciclagem de resíduos de construção civil no Estado de São Paulo.** In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 28., 2015, São Paulo. Anais... São Paulo: 2015.

PEREIRA, H. S. **Práticas de gestão de resíduos sólidos na construção civil**. 29f. Trabalho de Curso Técnico (Técnico em Meio Ambiente) – Campus Cabedelo, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cabedelo, 2013.

PINTO, T. P. (Coord.) **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-SP**, São Paulo: Obra Limpa: I&T: Sinduscon-SP, 2005.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado), Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. 189p.

PIOVEZAN JÚNIOR, G.T.A. **Avaliação dos resíduos de construção civil (RCC) gerados no município de Santa Rosa**. Dissertação (Mestrado). 2007, 76p. Universidade Federal de Santa Maria/RS. Santa Maria, 2007.

SANTOS, A. L. **Diagnóstico ambiental da gestão e destinação dos resíduos de construção e demolição (RCC): análise das construtoras associadas ao Sinduscon/RN e empresas coletoras atuantes no município de Parnamirim - RN**. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

SANTOS, A. L. **Diagnóstico ambiental da gestão e destinação dos resíduos de construção e demolição (RCC): análise das construtoras associadas ao Sinduscon/RN e empresas coletoras atuantes no município de Parnamirim - RN**. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

SANTOS, T. J. S.; SOARES NETO, J. L. **Identificação de aspectos ambientais e seus respectivos impactos em construção civil**. 2009. Disponível em: <[http://www.catolica-to.edu.br/portal/portal/downloads/docs\\_gestaoambiental/projetos2009-2/4-periodo/Identificacao\\_de\\_aspectos\\_ambientais\\_e\\_seus\\_respectivos\\_impactos\\_em\\_construcao\\_civil.pdf](http://www.catolica-to.edu.br/portal/portal/downloads/docs_gestaoambiental/projetos2009-2/4-periodo/Identificacao_de_aspectos_ambientais_e_seus_respectivos_impactos_em_construcao_civil.pdf)>. Acesso em: 08/05/ 2015.

SÃO PAULO (Estado). Resolução SMA n. 056, de 10 de junho de 2010. **Diário Oficial [do] do Governo do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, Seção 1, p. 33, 11 jun. 2010. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br>>. Acesso em: 24/04/ 2015.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Plano de resíduos sólidos do estado de São Paulo [recurso eletrônico]**. 1ª ed. São Paulo: SMA, 2014. 350 p. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br>>. Acesso em: 24/04/ 2015.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente; SINDUSCONSP. **Resíduos da Construção Civil e o Estado de São Paulo**. São Paulo, SMA/SINDUSCON, SÃO PAULO, 2012. 85 p. Relatório técnico.

SCHNEIDER, D.M.; PHILIPPI, A.JR. Public management of construction and demolition waste in the city of São Paulo. **Ambiente construído**, Porto Alegre, 2004.



SECRETARIADO MEIO AMBIENTE. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. **Base de dados interno**. São Paulo, 2014.

SECRETARIADO MEIO AMBIENTE. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. **Base de dados interno**. São Paulo, 2013.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Coleta e reciclagem de resíduos da construção civil**. 2012. Disponível em: <<http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Cartilhas/Coleta-e-Reciclagem-de-Residuos-da-Constru%C3%A7%C3%A3o-Civil>>. Acesso em: 10/07/2015.

SILVA, E. C. B. D. **Gerenciamento e reciclagem dos resíduos sólidos na construção civil**. 2013. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2013/12/02>>. Acesso em: 20/06/ 2015.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005.

SOLUÇÕES AMBIENTAIS DE ARAÇATUBA (SAMAR). **Tarifas justas: comercial e industrial**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=550>>. Acesso em: 22/09/2015.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1997.

STOLZ, C. M. **Viabilidade econômica de usinas de reciclagem de RCD: um estudo de caso para Ijuí/RS**. 2008. 99 f. Monografia de conclusão do curso em Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

TIMOFEICZYK JUNIOR, R. **Análise de Investimentos**. Apostila (Especialização em Economia e Meio Ambiente) – Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Economia Rural e Extensão Economia do Meio Ambiente, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

TIMOFEICZYK JUNIOR, R. **Análise econômica do manejo de baixo impacto em florestas tropicais – um estudo de caso**. 143 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Resumo de normas para elaboração do TCC**. Curitiba, 2014.

URBEM TECNOLOGIA AMBIENTAL. **Produtos: brita corrida, areia reciclada, pedrisco reciclado, brita reciclada e rachão**. Disponível em: <<http://www.urbem.com.br/principal.htm>>.

WILBURN, D. R.; GOONAN, T. G. Aggregates from natural and recycled sources: economic assessments for construction applications: a materials flow analysis. **U.S. Geological Survey Circular 1176**. 1998.

WRIGHT, P. L.; KROLL, M.J.; PARNELL, J. A. **Strategic management: concepts and cases**. 4th ed., New Jersey: Prentice Hall, 780p. 1998.

ZORDAN, S. E. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1997. 156 f.

**ANEXOS**



